Ⅴ．ユーザビリティ技術分野

1. ユーザビリティ技術分野の現状について

１．ユーザビリティ技術分野の現状について

今後ますます進展して行くユビキタスなコミュニケーション環境においては、情報の流通範囲・形態が拡大され、いつでも好きな時に、自分や相手の場の状況に合わせたコミュニケーションや情報交換が可能となるなど、人々のコミュニケーションが一層深められて行く。即ち、音声、テキスト、画像などの異種コンテンツの相互変換や、複数情報の連携作業などが可能となると共に、モバイルコンピューティングなどによりオフィスの内外で変わらない作業環境を創り出すことが可能となり、ワークスタイルも変えうると考えられる。このようなコミュニケーション環境の進化は人々の生活を便利・快適・安心に変えるばかりでなく、社会を大きく変えうる能力を秘めており、世の中に変革をもたらすものと考えられる。

ユーザビリティ技術は、このようなコミュニケーション環境の進化をもたらす基盤技術、即ち、人々がいつでもどこでもサービスやコンテンツを享受可能な環境を実現し、それを支える技術であると言える。具体的には、どこにおいても人が自由に使いこなせるデジタル情報機器、携帯端末、情報家電機器、車載機器などの開発や、それらを活用できるサービス環境の構築である。

ユーザビリティ技術を取り巻く最近の特徴的な環境として、インターネットを始めとするネットワーク環境の浸透や種々なネットワークの融合の進展、音楽配信サービスに見られるようなネットワークサービスの進展、デジタルカメラや薄型テレビの生産増に見られる情報家電市場の拡大、技術の進歩に支えられた個人による自由な情報発信の増加、センサに代表される機器からの情報の流通、等々が挙げられる。ユーザビリティ技術はこのような環境動向を見据えて開発を進めることが重要となる。

他方、コミュニケーション環境の進展に伴い、社会的な課題も生じつつある。例えば、種々な機器のネットワーク化や多機能化に対応できなくなるデジタルデバイドの課題、種々なサービスの増大に伴う組込みソフトウェアの開発コストや生産稼動の増大の課題、ネットワーク化でより深刻となる情報システム等の障害波及や情報漏洩の課題、コミュニケーションの容易化が引き起こしやすいプライバシ侵害の課題、等々である。ユーザビリティ技術ではこれらの課題に対処する技術開発も重要となる。更に、今後の社会的構造的な動向として少子・高齢化の進行が挙げられており、これに対応した安心・安全の提供、セキュリティの確保、生産性の向上などにも寄与することがユーザビリティ技術として求められる。

本ロードマップでは上述の内容を踏まえて、ユーザビリティの視点をユビキタスなコミュニケーション環境を実現するための「人中心型コンピューティングの実現」と捉え、ユーザビリティ技術分野の今後の技術展開を取り上げている。以下にユーザビリティ技術分野の大分類項目の捉え方を述べる。

人中心型コンピューティングを具体的に実現するものが「デバイス・機器類」である。使い勝手の良いデバイス・機器の実現に向けて開発を進めるべきであり、かつ消費電力の少ないデバイス・機器の実現が重要となってくる。そのようなコンピューティング環境を実現するためのデバイスとして、ディスプレイ、ホームサーバ、センサ／スマートタグを中分類として取り上げ、人にとって使いやすいデバイ

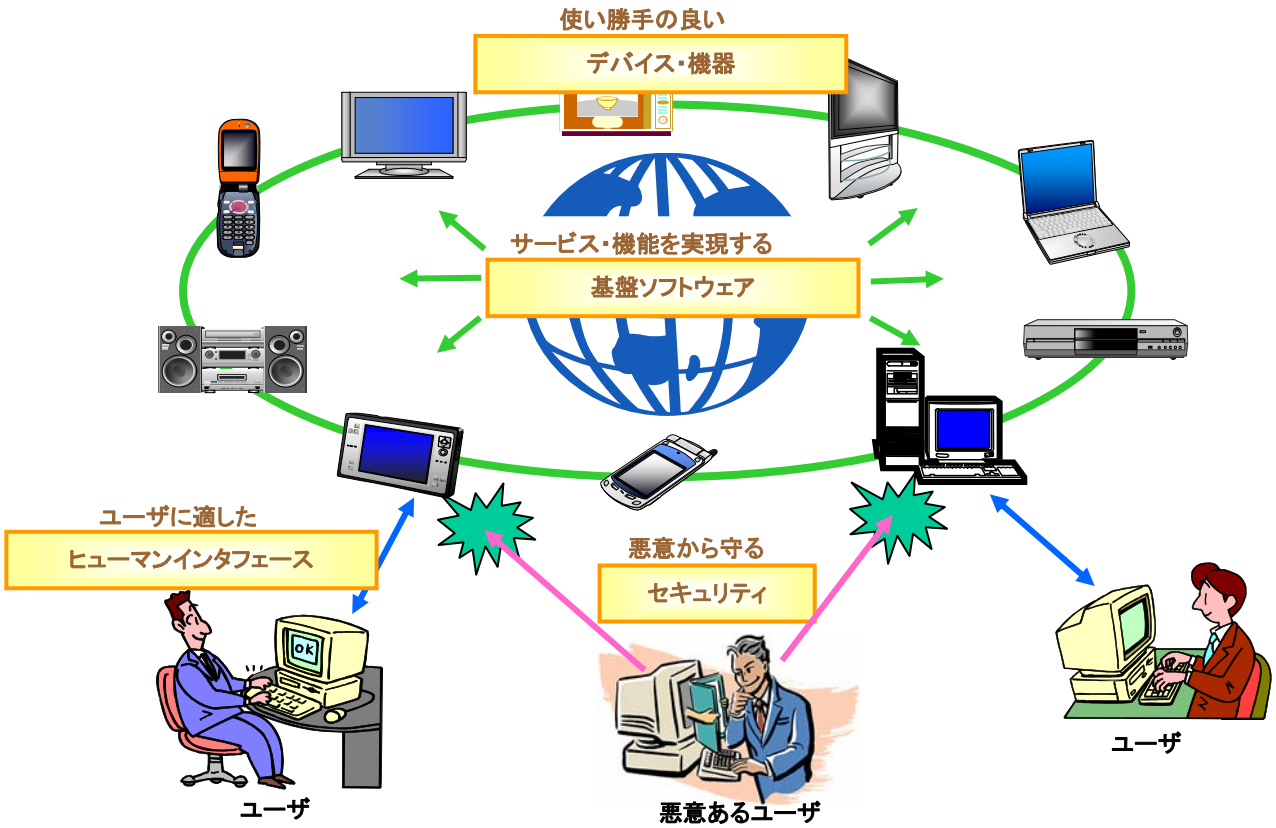
ス、消費電力の少ないデバイス・機器のロードマップを検討した。なお、ディスプレイについては詳細な検討内容を独立な章立てとした。

「基盤ソフトウェア」は、人に負担をかけることなくバックヤードからユーザの支援を行う重要技術である。機器等の人手による設定をなるべく避けて、誰でもが簡単に使える環境を裏側で支援する。膨大な資源が遍在する環境下でのゼロマニュアル設定や資源の効率的な利用に向けて技術開発が進められており、ユーザの状況に適応するコンテキストプラットフォームなどの実現が可能となる。

「セキュリティ」は、人が安全にかつ安心にシステムを利用できるための重要技術である。使用システムはブラックボックスとなるため、安心してシステムを利用できるためには使途に応じたプライバシや暗号技術の高度化を進めることが重要であり、また、認証技術においてもマルチモーダル認証など複数手段による認証が重要になって行く。

「ヒューマンインタフェース」は単に人が機器に対して行う機械的な操作のみならず、ユーザの希望するサービスや情報を希望する形態で提供可能とすることが重要である。このため、今後は音声や画像を入出力情報として状況・空間理解を実現するインタフェースや、単一メディアの扱いから複数メディアをアプリケーションに応じて適材適所に使い分ける形態に向けて進展して行く。

上記で述べたユーザビリティ技術分野ロードマップで扱う大分類項目を下図に示す。



本ロードマップで取り上げる重要技術としては、産業競争力の維持・向上につながる技術として、ヒューマンインタフェース、ディスプレイが、安全性・信頼性の確保など社会的ニーズに応える技術としてセキュリティが、また、技術基盤の確立として基盤ソフトウェアにおけるコンテキストプラットフォ

ーム等が挙げられる。

なお、今回のユーザビリティ技術分野ロードマップ改訂に際しての主な変更点は以下の通りである。

・CGM、Web2.0 といった情報量が爆発的かつ持続的にに増大してゆく動向を踏まえ、今後ますます重要となってくるセキュリティについて、中項目間の整理を行い「権利保護」、「暗号」を設けて詳述化した。

・ユーザが明示的に発信する情報に限らず、センサなどで収集される情報までの大量情報を処理する観点から基盤ソフトウェアの中項目の組み替えを行った。

・ディスプレイ技術については、ディスプレイ SWG を新設して詳述検討を行った。

・その結果、「ディスプレイ」関連項目として、据置型、モバイル型、電子ペーパー、3D ディスプレイ、プロジェクションディスプレイに大別してロードマップを作成した。

2. ヒューマンインタフェース

2-1. 知覚インタフェース

2-1-1. 技術の現状

外界の状況を入力することで、高度な情報処理を実現する技術を知覚インタフェースと呼び、ユーザビリティの高度化を実現する。多様なモーダルを利用して実現されているが、現状では特に音声、画像が主に利用されている。また、GPS に代表される測位システムを利用して得られる位置情報や空間の状況理解を通してのシステムも実用化されている。

（1）音声認識

音声認識による知覚インタフェースの産業については、90 年代後半から米国を中心に音声認識による電話応答自動化が実用段階に入っている。現在は、話者が協力的にていねいに発声した離散単語の認識が中心で、名前や住所、コマンドなどを対象としている。国内では電話音声認識に加えてカーナビなどの車載機器への音声認識インタフェースの搭載が 90 年代から始まっている。サンバイザーやダッシュボードに設置したマイクロホンを使用するハンズフリー入力が鍵になる。当初は数十語コマンド（制御語）の離散単語認識から始まり、近年では地名・住所（数千～数万件）を識別する技術の搭載も始まっている。しかし限定語彙であること、耐雑音性能が必ずしも十分でないこともあり、広く一般に利用されるレベルには達していない。

一方、限定単語ではあるものの耐雑音性能を強化した音声認識技術が実用化段階に入り、工場やせり市場などでの騒音環境下での利用が始まった。

（2）音響認識

音響信号を人間のように理解できる音響認識技術の現状は、ステレオ信号から既知の音源信号を分離できるレベルの実用化がなされている。

（3） 画像認識

画像を用いた知覚インタフェース技術は、文字入力と映像入力を中心に発展してきた。手書き文字入力は、比較的丁寧に書かれた文字の認識が可能となっており、端末 OCR ならびに郵便宛名区分機用 OCR が主要である。近年は、はがきや小型封書のみならず、大判封書（フラット）を区分するフラットソータが宅配荷物の宛名の読み取りも可能になっている。日本語のみならず、英文や欧米語住所認識ベースの英欧米圏向けの郵便宛名読み取り区分機が実現されている。

携帯電話へのカメラの搭載が一般化したことにより、単に写真撮影に用いるだけではなく、名刺に印刷された電話番号やメールアドレスをカメラ画像から自動認識する機能が実用化されている。また、スタイラスペンを使って手書きの中国語、英語を入力できる携帯電話も実用化されている。また、携帯電話上での指紋認証技術。顔認証技術も実用化されている。

カメラによる映像情報での知覚インタフェースは、FA 分野における欠陥検査などを中心に実用化されてきたが、カメラ利用は近年自動車においても急速に普及してきている。バックモニタ、車線維持ユニット、ナイトビジョンとして実用化されている。単純な画像表示だけではなく、先行車検知・レーンキーピングシステム、駐車支援など、センシング技術を駆使したより高度な運転支援機能が実用化されている。高速な画像処理が要求されるこの領域に対して、映像処理プロセッサも実用化され、プリクラッシュセーフティ機能を実現するための画像処理として採用されるなど、安全・安心をめざした車社会の実現めざして、自動車、電装、電機の各メーカーで認識機能の高度化が進められている。

（4） 状況理解

状況理解技術とは、ヒトやモノの空間内での位置や姿勢／行動、空間そのものの状態や取り巻く今日の状態を計算機世界に取り込む技術である。状況理解技術は、対象の状態を観測するセンサと、センサからのデータを流通させるためのネットワーク、複数のセンサデータを統合・利用する統合処理から構成される。

センサは、利用可能な空間（屋外、屋内等）、理解する対象（モノ／ヒト、空間等）、取得データ（位置、ID、温度等）により大まかに分類でき、屋外にて受信機が取り付けられたモノの位置を取得する測位技術を中心に、屋内にてモノに取り付けられたタグを識別する RFID システムや、対象の姿勢や行動を取得するための加速度センサや方位センサなどがある。屋外における測位技術は衛星を利用したシステムが中心となっているが、屋内用は未だ標準的な方式はない。一方、ヒト／モノを識別するシステムとしては、RFID システムの実用化が急速に進みつつある。トレーサビリティの確保、在庫／資産管理や、ヒト／モノの位置管理への適用も広がっている。 普及率の高いものとして、2001 年に始まった Felica をベースとする JR の IC カード乗車券 Suica があり、その発行枚数は、2006 年末までに約 1,858 万枚に達している。

RFID システムのコアとなる IC チップ自体は、0.05mミリ角、厚さ 0.005 ミリで、128 ビットの情報記録が可能なチップが開発されており、2009 年の実用化をめざしている。また、複数センサの協調応用として、画像センサ（カメラ）で捉えた人物が所定の情報を納めた RF タグを有しているか否かを無線サンサで判定することにより、不審者の有無を監視するシステムも実用化されている。

2-1-2.今後の見通しと課題

（1）音声認識

音声認識による知覚インタフェースの大きな今後の流れとしては、自然な話し言葉の認識と雑音に頑健な認識技術の開発である。

現在までに実用化されている音声認識は、人間が機械に向かって協力的にていねいに発声した音声（離散単語）を認識している。これは人間同士の自然な対話とは発話スタイルが大きく異なっている。言い淀んだり言い直したりすると誤認識するため音声認識を利用するユーザに多大な緊張やストレスを与えている。また認識できる語彙や文法に限定が強いため、ユーザは何が受理可能かを意識しながら

余計なことを言わないように注意深く発話しなければならない。

今後は、これら発話スタイルの限定と話題・語彙・文法の限定を解消して、ユーザが意識せずに人間同士と同様の自然な話し言葉で音声入力できる技術を開発することが最重要課題である。発話スタイルの課題としては老人や子供音声への対処も重要である。またNグラム統計言語モデルは対象アプリケーションに関する大規模なテキストコーパスから自動学習されるが、アプリケーションごとのコーパス作成コストが深刻な問題となる。低コストで自動的に対象アプリケーションの話題に適した言語モデルを構築する話題適応技術、複数の話題の混合や話題遷移を検出する技術、認識結果の非文法的な単語列から意味を抽出する技術、などの開発が必要である。

話し言葉の認識技術は、機械と人間の自然な対話による情報アクセスに加えて、人間と人間のコミュニケーションを音声認識するという新しい応用分野を開くと期待される。すなわち放送、講演、会議やコールセンター対話などを音声認識することにより、大規模な録音アーカイブの検索・マイニングや字幕・議事録作成自動化、などが実現される。今後のデジタルコミュニケーションの爆発的な拡大に伴い、それらへのアクセス技術（テキスト化、検索・要約など）として期待される応用分野である。さらに他国の情報へのアクセスやビジネスのグローバル化から多言語対応が必要になる。現状でも、日英中程度の多言語認識技術開発は進められているものの、いつでも使える携帯型システムには程遠い。多言語化を進めるためには、構築コストの低減や言語モデルのコンパクト化と認識精度との両立を実現しなければならず、長期的な取組みが不可欠である。さらに、10年程度の期間の研究を実行した上で、現状での音声認識の大きな壁である未知語問題を解き、登録されていない単語が現れた時に、他の情報から推察して、未知語として認識する技術が実用化されると期待する。

また、現音声認識では環境や声質への適応が困難であり、予め決めた環境や利用方法で最適化した上で利用している。今後、2010年ぐらいには環境や声質が変わっても適応できる技術が実用化されると考えられる。その後、新語彙や異なる利用方法への適応化が可能になる。２０１５年ぐらいには、つぶやき声程度でも認識できる技術が完成すると考えられる。

雑音に対する頑健性の向上も音声認識技術の大きな課題である。モバイル環境や家庭環境ではヘッドセットマイクロホンを装着することは期待できないため、マイクロホンは常に口元から遠く離れた位置に設置され、周囲の雑音や話し声、残響音、などを同時に集音してしまう。それらの雑音に埋もれた目的音声を認識するハンズフリー認識技術が必須である。現在開発されている技術は、車載でハンドルやサンバイザーにマイクを設置して、口元から約30cm、S/N比を15dB程度に抑えることで実用化を進めている。今後は、まず距離を延ばしてマイク設置位置の自由度を上げたり、距離を30cm程度抑えておいてS/N比が5dB程度での実用化が進む。さらに、距離を延ばして、さらにS/N比が悪い自動券売機やATM端末などの外環境での実用化が進められる。また、距離延ばすことで、家庭環境でのリモコンの替りにも利用できるようになる。雑音の種類も自動車走行音のような比較的定常な雑音だけでなく、さまざまな非定常雑音（家庭内雑音、音楽、…）や周囲の人の話し声などさまざまな雑音を扱わねばならない。同居家族や自動車の同乗者のような複数の話者の同時発話を分離し、それぞれを認識する技術も求められる。複数マイクロホンの取り付け位置の変動やマイクロホン個体差のバラツキ、話者の移動など

に頑健な方式の開発が重要と考えられる。これらを実現した上で、非定常雑音環境下で複数話者が会話している音声を認識することを可能にしていく。

（2）音響認識

音響認識の対象となる音響信号は、通常、複数種類の音源信号が混在している。同時に複数の音源信号を認識するためには、各音源信号を分離し、識別することが課題となる。このような技術課題を克服し、複数の分離音響信号から最適な音響信号を再合成する技術を確立することにより、音響認識の新たな応用として、音響での新たな表現インタフェースが実現可能になる。

（3）画像認識

画像認識系の技術は、大きく文字入力などのマシンインタフェースと環境理解の応用に大別できる。文字入力技術は今後扱うべき文字の種類と手書き文字の自由度が拡大され、より自然なユーザビリティが実現される。異言語文字の混在文書の認識、印刷文書中に書き込まれた手書きの文字の読み取りなど、認識できる文字の種類を拡大することが重要となる。また、様々なフォーマットを自動的に判別して読み込むことが必要で、複雑な文書の高度な構造解析技術の実現が鍵となる。特に、文字と他の混在図形との高精度な分離は不可欠で、手書きメモと印刷文字というように異なる種類の文字が混在する際に、分離して個々を認識する技術も重要となる。

パーソナル OCR としてドキュメントを認識する文書 OCR があるが、従来は単一言語（日本語）であったものが、漢字認識の対象字種数の増加、ハングル語対応などを進め、今後数年間で多言語対応となり既にある翻訳機能とリンクされる。その後、ユーザの手書き文字を認識し、デスクワークを支援するようなシステムに発展する。オフィス複合機にもこのような機能が普及する。また、当該機能は携帯電話のカメラ利用として実用化が進められ、グローバルローミング機能と合わせて、海外旅行時の利便性を提供する。

このような機能は、オフィス機器から利用場面が拡大されるのがこれから 10 年間の大きな変化である。携帯電話のみならず、国内産業が強いデジタルカメラやデジタルビデオカメラや、電子辞書などへの搭載が進められると見られる。さらに、車載カメラで屋外の看板等の文字を読み取ることも実用化される。さらには、ウエアラブルカメラの普及とともに、体に装着したカメラで、ユーザが読む文字のすべてを読み取ることが実用化される（2015 年ころ）

また、環境理解では、認識対象種類の拡大とレスポンスタイムの高速化を中心に技術が発展する。さらに、カメラ系のみならず扱うセンサの種類が拡大するとともに、それらの組み合わせで、より情報量の多い環境を理解するセンサフュージョンが進む。特に、カメラを用いた環境理解では、近年の安心・安全な社会環境へのニーズを背景に、フィジカルセキュリティの分野と ITS・自動車関連の認識市場が今後数年で急速に立ち上がる。フィジカルセキュリティにおいては、単なる撮影手段だったカメラに対し、人物検出・追跡機能が 2008 年以降に実現する。また、2010 年には、人物の行動予測、不審行動検出などが実現する。また、ITS 領域においては、道路監視から産業が進展する。現状は路側や道路の上

方に設置されたカメラから撮影されるビデオ映像から車両や落下物を自動検出している。今後、その技術がコンシューマ領域に展開され、PC や家電のユーザインタフェースとして利用できる。これは、特定の状況下でのジェスチャ認識、視線検出などがゲームや車内でのインタフェースとして実現が加速する。さらに、無線で接続できる安価なカメラの普及が進む 2008 年ごろには、家庭内の環境を認識して、自動的な監視が実用化される。本技術は、屋外にも順次展開される。さらに、人間の行動まで理解できるようになると、道路監視において路側を歩く人の危険度も判断できるようになる。また、固定カメラという制約が緩和され、車載の認識システムの高度化が進み、2010 年度には、一般道における白線検出、標識・信号認識、さらには歩行者検出がハイエンド車のオプションではなく、ABS やエアバックと同様に標準機能として登場すると予想される。2015 年度には、画像認識と各種センサとの統合により、自動車外部全方位の認識が昼夜を問わず行われ、それを用いた行動予測、衝突回避支援などの機能が開発される。この時、反応速度は重要で、フレームレートでの処理が前提となる。人物は多種多様であることから、車などの剛体に比べて難しい認識対象となるが、ここ数年で室内など環境が安定なところでの実用化が加速される。

センサフュージョンについては、まず複数カメラの利用から産業が立ち上がる、特に、車載カメラによる安全支援のためには、可視光カメラによる映像だけでは限界があり、夜でも人を検知できる遠赤外カメラの併用が進む。さらに、雪や雨の中でも利用できるレーダーなども含めて総合的な前方監視が実用化される。2006 年にはカメラとミリ波の併用で、障害物を検出する機能を搭載した自動車が発表された。また、車内においては近赤外カメラによる脇見運転の検出が実用化されてきているが、2010 年以降には、生体センサを用いてドライバの覚醒状態などをチェックする機能も実現される。ITS 領域では、さらに路車間の通信、車々間の通信などが実現し、ITS インフラとの連携も可能となってくる。見通しの悪い地点にカメラを設置し、先行車が停止していることを認識し、後続車に停止を促すようなシステムが実現する。

（4）状況理解

状況理解はマンマシンインタフェースを実現していく上で必要となる技術である。大きな目標としては、対話相手であるユーザの意図を理解することが必要である。現状では荒いレベル、かつ低い正解率であるが、エンターテイメント的な形で実用化されている。表情や言葉の抑揚、スピードから推定するものであり、微妙な変化を見つけることはできないが、興味を持っているか持っていないか、怒りを表現したいのかそうでないかという大きなカテゴリでの感情を検出することもできはじめており、2010 年までにより高精度化、実用化されると考える。さらに、大量の対話コーパスの蓄積が進められること、その分析技術が進められることにより、多様な言い回しと、状況による表現に違いを検出することが可能になる。これにより、ユーザの状況や感情に基づく言葉の意図を推定することが可能になり、よりマンマシンインタフェースの機能が進む。また、2015 年ぐらいには体内センシングや脳内センシングが実用化されると見られており、表層的なセンシング情報を用いるだけでなく、内的なセンシング情報を利用したユーザの状況理解も実用化される。

ユーザのみならず、ユーザの環境に関する状況理解技術も進む。現状では、センサを特定した上で、そのセンサから状況を推定する技術が実用化されている。今後、センサフュージョン技術が改めて開発され、より広域で、多数かつ多様なセンサからの情報を統合的に判断して、状況を推定できるようになる。

2-1-3. キーテクノロジー

(1)音声認識技術

音声入力技術の発展に不可欠な、雑音に頑健な話し言葉音声認識は、各種適応化技術の高度化、WFST、未知語検出および単語推定技術を中心に発展すると考える。そのキーテクノロジーは、(1)雑音や発声変動、話題混合・遷移の確率的モデル化と隠れマルコフモデル、N グラム統計言語モデルとの融合、(2)大規模データから教師なし自動学習、とくに多言語認識への展開を容易にするための言語依存部分の自動学習、(3)複数認識手法の同時並列探索や融合法、(4)音環境の総合的理解、目的音声の分離抽出技術によるハンズフリー音声認識（マイク距離数メートル)、などがあげられる。現在、協力的な発話の音声認識において成功している大規模音声＆テキストコーパスを用いた統計的モデル学習のフレームワークは、次世代の話し言葉認識においても中心的な技術になることは間違いない。そこで周囲雑音や複数話者の同時発話、発話スタイルの変動、話題混合・遷移、などの現象を確率統計的にモデル化し、隠れマルコフモデルやN グラム言語モデルの枠組みと統合する技術を開発することがキーになる。

また協力的発話を対象とする場合は、多人数が読み上げた音声を収録することにより比較的容易に大規模音声データベースを構築することができ、またテキストコーパスはインターネットなどから収集することができた。しかし話し言葉を意図的に収集することは困難で、むしろ通常の人間対人間のコミュニケーション（放送、講演・講義、議会、会議、コールセンター、など）を録音して音声データベースとすることが望ましい。その場合は録音されたデータベースに人手でラベル情報（発話内容を表すテキスト）を付与することは分量が多くなると非現実的になる。また多言語へ展開する場合にもこのラベリングコストが特に大きな障害となる。そこで完全なラベル情報を前提としない、教師なし、の統計的モデル自動学習アルゴリズムの開発もキーテクノロジーとなる。なお著作権をクリアした大量のコンテンツを研究開発用に利用可能とすることも重要となる。

加えてCPU 速度やメモリ容量の進歩、グリッドやユビキタスなどの遍在化、を利用して複数の可能性を同時並列的に探索し、それらの結果を融合する新しい音声認識アプローチの本格的な技術開発も期待される。さらにマイクロホンに入力される信号から音源の数や種類、それぞれの持続時間などを抽出する音環境理解やそれに基づく音源分離技術も、耐雑音、ハンズフリー音声認識を支えるキーテクノロジーとなる。

また、今後新たなマイクの技術開発が進むと考えられ、骨伝道や肉伝道などをはじめとする、従来と異なる特性を持つマイクでの音声認識技術が開発される。これができれば、従来明瞭に発声することが必須である音声認識が、つぶやき声のような発声方法でも可能になる。

（2）音響認識

音響認識を実現するキーテクノロジーには、音響信号を構成する音源信号を分離する技術と、その音源信号の種類を識別する技術がある。分離技術は、特定の音源種類に依存しないことが求められており、音源信号の独立性を利用したブラインド音源信号分離が有力であると考えられる。また、識別技術は多様な音源種類の識別を実現することが求められている。現在は、独立成分分析を利用したものが主流であるが、今後より非線形性を吸収できる新たな技術開発が進むと思われる。

（3）画像認識

画像入力の代表である文字認識では、今後対象とする文書の種類が拡大する方向で技術開発が進められている。日英中国語に手書きメモが記載されたものが実現できる 2009 年ごろを目処に、日英中国語混在での印刷文字認識を実現する。このためには、単純な文字認識のみならず、フォントの分類や高度な日英中国語自然言語処理の高度化が必須である。どの言語の単語であるかの分類と、類似単語の分類を文脈を利用して正確に識別する。これは、図面中に記載された単語の認識につながる。

その後、２０１３年ぐらいに現れる自由手書き文書、メモの認識、管理のためのキーテクノロジーは、ユーザのメモを認識する「自由手書き認識」、オペレーションを指示する「ジェスチャ認識」などである。さらに、手書きのラフスケッチから、書こうとしている図面を推定し、清書できる技術が実現される。このためには、複数種類の文字、複数スタイルの文字が混在していても、それらを性質ごとに分離した上で認識する技術がキーとなる。また、認識対象とそれ以外を分離することが必要である。現状では、予め定めた特長により、特定種類の分離ができるようになっているが、今後は時々で最適に分離を行う技術が開発される。

利用場面の拡大のためには、照明条件の変化、カメラのぶれ、対象への距離変動、低解像度、対象の幾何歪みなどの問題を解決して、対象の認識を実現する技術が必要となる。当面、影の除去や傾き補正程度が実用レベルであるものの、2009 年ごろには、リアルタイムに照明条件の補正が可能になり、２０１１年ごろには、幾何歪み補正、光学歪み補正がリアルタイムに可能になる。さらに、その後リアルタイムの超解像化、高速ぶれの補正が可能になる。

環境認識では、映像中の認識対象の拡大、高フレームレート化による高精度化、画像以外のセンサとの統合による環境認識がキーテクノロジーとして高度化される。認識対象としては、現在、カメラの直前の人物のジェスチャの認識が可能であるが、今後、画像による顔や車両・標識の認識技術が実用化普及する。その後、その技術をベースに、遠方に映っている人物の動作を分析し、その動作を予測することが可能となると考えられる。その際に、飛び出し検知のように微妙な動作のきっかけを検知するためには、現状の TV フレームレートでなく、高フレームレートでの映像解析が必須になる。特に車載応用においては、フレームレートでの画像処理が必須になり、高性能な「画像プロセッサ」の開発が必要である。人物については、映像監視において重要な技術であり、「検出」、「同定」ともに 2010 年を目処に開発が進む。これらを組み合わせることで、2020 年には車両周囲物体(人物)の「行動予測」と「衝突回避支援」を実現させ、車社会における安全・安心社会を実現する。

また、画像センサ単一ではなく、「複数センサとの協調技術」の開発が信頼性向上の鍵となる。現状は車載応用として、カメラに加えて、ミリ波レーダー、レンジセンサとの組み合わせが実用化されている。今後、それ以外の人物センサや環境センサとの組み合わせ、道路側に設置されたリモートセンサや人体センサと、車載画像センサとの統合による高度化が進む。さらに、それらの技術をベースに装着型の生体センサや屋内のセンサとの統合により、新たな応用が拓ける。

（4）状況理解

ユーザの状況理解では、「音声による認識技術の精度向上」と「画像（表情）を併用」した感情認識が今後進み、ロボットなど機械とのインタフェースが 2008 年頃に実現する。現状では、発生のスピード変化や強度、トーンをベースに、平常、怒りなどの荒い分類が可能となっている。また、表情についても、笑い、悲しみ、さらには作り笑いなどの分類が可能になっている。今後、集中、眠気、喜び、飽きなど、別の観点での心の動きを検知することが可能になると考えら得る。表情や発声といった、表層的な情報によるセンシングのみならず、生体センサや脳センシングの実用化とともに、複合的なセンサでのユーザ状況の理解技術は進展する。

また、ユーザ意図の把握のために、常識データベースの拡充と、ユーザの全行動の蓄積、リアルタイム分析の実現により、ユーザ意図の推定を実用化する。これの実現のためには、発言や執筆文書の自然言語処理を通した内容理解技術の高度化が必須である。

一方、周囲状況の理解は、特定センサモジュールからの状況推定から、広域センシングでの状況推定へと進展する。

特定センサモジュールを利用した状況推定では、超音波、赤外線、加速度、方位など、多様なセンサを組み合わせた情報を分析して、特定地点での状況を分析する。その後、2015 年前後にセンサネットワークを利用した広域での状況推定に進展する。膨大なセンサ情報を無線ネットワークで収集することだけでなく、多数のセンサモジュールをばら撒いたり、広域での多数の自動車に搭載したセンサから収集した情報を分析して、状況を判断する技術がキーとなる。

2-2.表現インタフェース

2-2-1.技術の現状

モバイルをターゲットとした適応表示技術には，Webを対象に，Spyglass（現OpenTV） Prismのように記述言語などを変換し非PC端末向けコンテンツを生成する技術や、IBM Websphereのようにデータと端末毎に用意されたスタイルシートを用いて非PC端末向けコンテンツを生成する技術が実用化されている（図２－１）。また、携帯電話の性能向上に伴い、NetFrontやOpera，jigブラウザといったPCと同等のブラウザ（フルブラウザ）が携帯電話上で実現され、Webページを小画面向けに見やすく整形する技術が実用化されている。さらに，モバイル向けアプリケーションのリッチ化が進んでおり，組み込み端末をターゲットとした実行環境やその開発環境―AdobeのＦｌａｓｈ LiteやMicrosoftのWPF/Eなど―が提供されてきている。

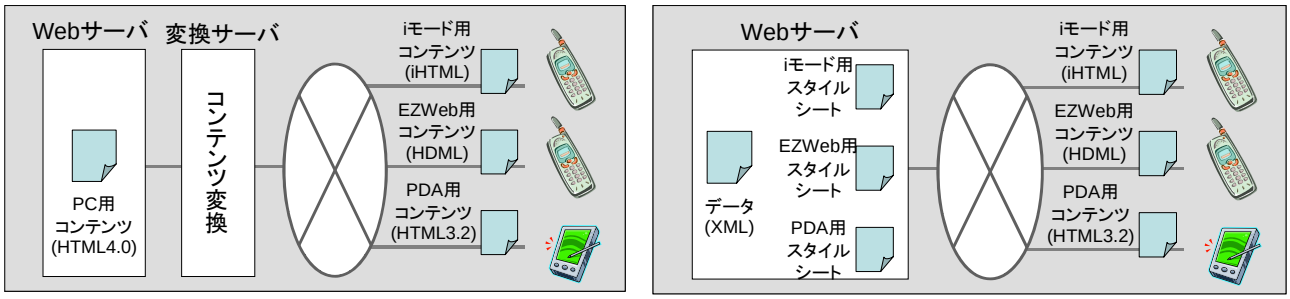


図２－１　Ｗｅｂページの端末適応技術の例

また、擬人化エージェントについては、コンピュータ上で情報ナビゲーションを行う秘書として提唱されて以来、ユーザとの自然なインタラクションを実現するインタフェース技術として研究が進められている(図２－２)。

現状では、バーチャルキャラクタUIとしてMicrosoft Agentをはじめ WWW と連携させる技術が生まれ、実用化されているが、産業としての市場形成はほとんど進まず、最近ではロボット方面で応用が進んでいる。ロボットは愛知万博やホビーロボットブームが火付け役となり、低価格なロボットが急速に市場に投入され始めた。これらのターゲットは、次第に2足歩行型ロボットに進むと予想されている。現在の多くのロボットはシナリオ選択やリモートコントロールによりさまざまな行動、ユーザとのインタラクションを行うが、これら人間とのインタラクションに必要な技術としてマルチモーダル表示技術が挙げられる。マルチモーダル表示技術は、顔の表情、声の抑揚、身振り手振りなどを組み合わせることで自然なコミュニケーションを人間とエージェントとの間で行なうための表現技術で、コンピュータ上では表情の研究やあいづちをはじめとするノンバーバル情報によるコミュニケーションの活性化など基礎研究が進められている。そしてロボット分野で身振り手振りと音声を組み合わせた基礎研究が進められている。

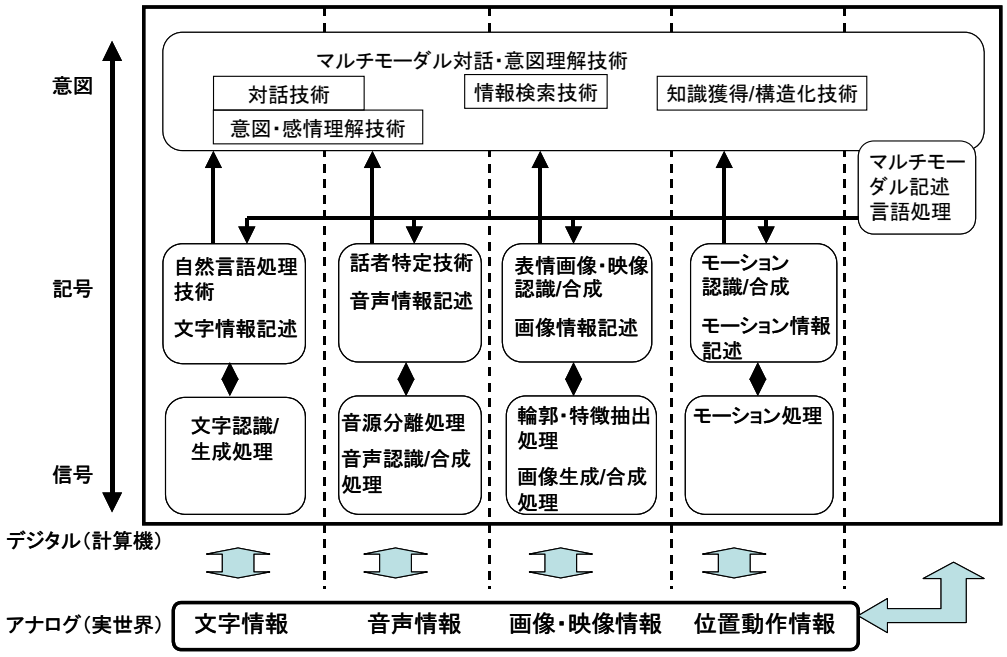


図２－２　擬人化エージェントの機能構成

表現インタフェースで自然な対話インタフェースを実現する上で今後重要となる音声合成技術の利用動向としては、電話応答装置などにおけるシステムの応答音声出力やカーナビゲーションにおける案内音声出力に加え、携帯電話におけるメール等の読上げ、アクセシビリティ向上のための WEB の読上げなどが挙げられる。特に、読上げ対象となるテキストが固定ではないものに対しては、録音音声では対応できないので、利用するメリットが大きい。

また、音響を用いた表現インタフェースとして、複数音源を組み合わせた音場再生技術がある。現状では、既知の複数音源位置の音源信号を組みあせて、音場を再現することが可能である。

2-2-2.今後の見通しと課題

端末の多様化―PC、携帯電話、PDA、TV などの情報家電など―、ネットワークの多様化―ADSL、光ファイバー、公衆無線、ホットスポットなど―、コンテンツの多様化―Web ページや Web アプリケーション、マッシュアップなど―により、情報利用環境が複雑化し、エンドユーザのコンテンツ発見や利用がますます困難となってきている。適応表示は、このような状況に対しコンテンツ―メディアやユーザインタフェース―を適応的に表示することで、ユーザのコンテンツ発見や利用を支援する技術である。この技術の課題は、適応対象を拡げ、情報利用環境の複雑化に対応することである。今後は、ニーズが顕在化している，端末や NW といったリソース適応（～2006）から順に、ユーザ履歴・状況適応（～2009）、環境適応（～2011）、ユーザ意図適応（～2014）と、技術開発が進むと予想される。これを実現するように、適応表示を制御する元となる状況の獲得レベルの高度化、メディア適応の高度化、表現のリッチ化が進む。

状況の獲得レベルの高度化では、表層的な状況の獲得から、よりユーザの内面に適応するためのユー

ザ心的状態の獲得へと高度化が進む。また、メディア適応に関しては、表示インタフェースの物理的制限、例えば画面の表示サイズやディスプレイの種類に合わせて、コンテンツの表現メディアを変換する必要がある。さらに、ユーザがよそ見をしてはならない状況のように、ユーザの状況に合わせて表現メディアを変換する必要がある。より自由な表現力を目指してメディア適応技術は進展すると考える。当初は、音声とテキスト間とうような限定的なモダリティでの変換であるが、２０１３年ごろには、映像とテキストという本質的に異なるモダリティの変換も可能になる。さらに、形式的な変換でなく、意味を保持した形での表現変換が可能になる。

限定的なまた、複数のモダリティを組み合わせたり、表現を高度化したりすることで、表現力をリッチにすることも進められる。テキストのように特定のモダリティで画一的に表現しているだけでは、情報がユーザにとって理解しにくくなる。それゆえ情報検索の結果のように単にテキストの一覧だけではなく、分かりやすく加工して表現する技術が実用化されると考える。当初は、テキスト、音楽、映像という様々なメディアを検索した結果を分かりやすく一覧表示できることが実用化される。その後、表現力を向上させ、マルチモーダルでの表示によって分かりやすい表示を実現する。その後、ホログラムディスプレイの実用化とともに、3 次元での没入型の表現が実用かされる。

擬人化エージェントでは、現状ではバーチャルキャラクタ UI が中心であるが、現在研究が進められているロボット型 UI が実用化され、その表現力が強化されることで、感情表現できるロボット型 UI、より人間らしいしぐさや表現力を持つロボット型 UI が実用化される。

擬人化エージェントを高度化する上で、表情の生成や音声合成といった個別要素技術の研究はこれからも継続されるが、その後個々のモダリティの品質向上に伴い顔画像と音声のズレなどが気になるようになることから、複数のモダリティの合成技術とその評価技術がさらに重要になる。そして利用分野としては、カーナビ、携帯電話や情報家電をはじめとする PC 以外における利用、ロボット分野、そして社会エージェントに代表される複数のエージェントを用いたシミュレーション分野の研究などへの応用が進むと考えられる。

擬人化エージェントの表現力の向上としては、「口形状の生成を含む表情合成」や「表情と音声の同期を取るシステム」が重要である。次にくるロボット型のエージェント分野では、ロボットが人と自然なインタラクションを実現するため自然言語分野の技術や「身振り手振りを盛り込んだマルチモーダルコミュニケーション技術」の研究がまず盛んになり、その後 201４年から 16 年頃にかけてエンターテイメントやコミュニケーションを主な役割とするヒューマノイドロボットへの応用が進むと考えられる

インタフェースの統一化および制御技術の高度化によって、多様な端末を利用する上での擬人化エージェント技術も進化する。NW に接続されたあらゆる端末の操作を同じ擬人化エージェントを介して操作できるようになれば、当初考えられていた電子秘書の実現ができるが、このためにはユビキタス環境下での統一的な機器操作の仕様の構築など大きな課題が数多く存在する。まずは、「表現情報を統合的に記述する記述言語仕様」が近い将来の研究ターゲットとなる。現時点では記述言語は東大石塚研で開発している MPML、マルチモーダル記述言語として豊橋技術科学大新田研で開発している XISL などが有名であるが標準化は進んでおらず、また評価では自然さを基準として扱うためまだ基礎研究の段階である。

これらの基盤技術をもとに端末に依存しない機器操作環境の一実現方法として擬人化エージェントが用いられるようになると予想される。

そしてコンピュータ上の仮想空間に３D のエージェントを多数配置し、実世界ではできない災害避難シミュレーションをエージェントで代行して行なう社会エージェント分野の研究も危機管理シミュレーション手法のひとつとして盛んになる。このために「擬人化エージェントを仮想３次元空間上に多数配置し、リアルタイムで制御する技術」が重要になる。大規模な擬人化エージェントを用いた実験としてはデジタルシティ京都において京都駅を 1000 人の避難を想定したシミュレーションの研究があるがあくまで研究初期の段階といえる。

さらに、表現力の向上として、触覚をはじめとした五感を活用して表現力も高度化されると考える。現在は、特定用途での触覚表示が可能なレベルであるが、今後嗅覚をはじめとして、五感表示が可能になる。

対話における基本技術である音声合成における第一の課題は、音質の一層の改善であるといえる。近年の音質の向上により、音声合成の適用もコンスタントに広がってきており、今後も、電話などによる自動応答サービスにおいては、幅広い人々へ、24 時間のサービスを行うという観点から、音声合成の適用が拡大していくと考えられる。しかし、これらコスト面でのメリットがあると考えられるアプリケーションにおいても、音質面の問題から採用されていない場面もまだ多く見られている。その理由としては、継続して利用していると疲れてくるなどの問題が挙げられ、さらに広い用途での利用のためには、人に疲労感を与えないといった観点が必要になってくる。このためには、より人間らしさを求められ、音質の人間らしさと共に、人間と同様の感情表現や個人性表現、話し言葉への対応などが問われることになるだろう。音声合成の表現力としての実現レベルは、現段階の単に音を生成して読上げる機能から一歩進んで、自然な対話調の音声を合成する技術が、2009 年ごろには感情音声の合成技術が実用レベルとなる見通しである。また、人に疲労感を与えないためには、メッセージ中の重要なポイントを抽出して強調するなどの工夫が必要であり、このために必要となる文脈情報を利用した言語処理技術は 2007 年ごろに実現される見通しである。国際的な競争力を持たせるためには、多言語の音声合成への対応が必要となり、言語間コミュニケーションとしての自動通訳技術においても、各言語での音声合成技術が必要となる。日本語以外の言語への対応においても、各言語に対する知識の獲得が重要なポイントであり、各言語への対応力を付けるための方策が必要である。

さらに、音響を用いた表現インタフェースの高度化も進むと考えられる。音響認識技術によって分離された複数の分離音響信号から最適な音響信号を再合成する技術を確立することにより、従来の受動的な音楽鑑賞とは異なり、ユーザの「思い通りに聴きたい」という欲求を満たせる能動的音楽鑑賞システムが可能となる。能動的音楽鑑賞の一例として、ＣＤなどのミックスされた音楽の中から特定楽器音だけを抜き出し、自由にコントロールする技術の開発が既に進められている。今後、このようなユーザの欲求を満たすという方向の応用はその要望が高まり、音楽鑑賞だけではなく TV 視聴にも広がり、高臨場感放送に発展していくことが予想される。

2-2-3. キーテクノロジー

適応表示には、相補的な 2 つの技術的アプローチ：コンテンツをメディアごとに個別化するアプローチと共通化するアプローチがある。前者では、何らかの制約条件を考慮あるいは積極的に導入し、コンテンツを選別、構造化、加工してユーザに提示する。後者では、制約条件によらない共通的なコンテンツをユーザに提示することで、それぞれユーザを支援する。両者ともに適応表示は、ユーザや環境から適当な制約条件を抽出する技術（状況獲得技術）と、コンテンツを解析して、制約条件に応じてメディアごとに作られたコンテンツを選択したり、共通のコンテンツのメディアを変換する技術が中心となる。

現状では特に、コンテンツの自然な変換が困難であるため、同一コンテンツに関して多様なメディアを準備しておいて、状況に合わせて選択することが中心である。例えば、PC 用のコンテンツメディアと携帯電話用のコンテンツを準備しておいて、携帯電話からアクセスする場合には、携帯用コンテンツを選択して表示する。

本格的なメディア変換では、コンテンツの変換空間的あるいは時間的に構造化する技術、構造化された情報の分かりやすい視覚化技術やインタラクション技術など、幅広い技術が必要となる。共通化するアプローチでは、画面サイズに対するスケーラビリティやマルチモーダルに対応したユーザインタフェース部品や、機能毎、アプリケーション毎にデザインされたユーザインタフェーステンプレート、生産性の高い統合開発環境や開発フレームワークといった技術が必要となる。さらに，これら 2 つのアプローチともにおいて、コンテンツ発見の容易さを評価する手法も必要となろう。これらの技術が、徐々に進展することで適応表示のレベルが高度化される。

次に、擬人化エージェント実現のための技術としては、当面マルチモーダルな表現情報を統合的に扱うシステムとその記述言語、そして評価技術が今重要な技術になる。2010 年頃にかけてはエージェントが端末非依存で人間のサポートを行なえるようにする機器間の操作インタフェースの統合や記述言語の開発と標準化が重要となると考えられる。その後、膨大な数の擬人化エージェントが協調的に制御する技術が重要になる。これにより、グループコミュニケーションなどが実現でき、擬人化エージェントが多方面で重要な役割を担うことができるようになると考えられる。

重要コンポーネント技術である音声合成はテキスト処理と音響処理の大きく 2 つの技術領域に跨る。テキスト処理部分は言語ごとに固有の内容が多くを占めており、音響処理のうちの韻律制御についても言語ごとに特徴を持っている。そのため、日本語固有の知識の蓄積を生かせる利点があるが、逆に多言語展開はあまり容易ではないと言える。技術的には、音響処理において、声の高低の制御が容易でかつ自然性の高い波形重畳方式に加えて、波形に信号処理を施さずに接続する波形接続方式により肉声感の高い音声合成方式が開発されてきており、統計的な手法として隠れマルコフモデルを音声合成に適用する研究も進められてきている。今後の音声合成のキーテクノロジーとしては、(1) 読み上げ調から対話調表現、感情音声の実現による表現力の向上、(2) 話し言葉への対応や、文脈情報利用などの言語解析技術の向上、(3) 多言語への対応、が挙げられる。これらの技術の効率的な性能向上のためには、多数話者による大量の音声データベースから、自動的に知識獲得や学習することが必要となると考えられる。表現力の向上については、2006 年前後には対話調の音声についての学習方式が、2009 年前後には感情

音声についての学習方式が必要となってくる。合成というメリットを生かして、特定個人を忠実に表現する技術から特定の人物ではない新しい個人性表現へと展開していくものと考えられる。言語解析技術としては、今後数年では文脈を考慮した解析技術、重要語の抽出レベルにまで達していくものと考えられ、話し言葉の解析技術の開発が進むと考えられる。多言語化については、今後数年は徐々に主要言語への個別対応という形で進展し、2011 年頃には十ヶ国以上の通訳に対応するため、言語間共有知識の有効利用方式、知識獲得方式などの研究開発が必要となるだろう。

音響を用いた表現インタフェースとしては、現在の既知音源から、ブラインド音源分離された複数音源を組みあせた音場再現技術が今後進み、音源のカテゴリ認識技術が進むとともに、映像での物体の移動や物体の変更と整合した音場再現に技術が進むと考えられる。

2-3.インタラクション技術

2-3-1.技術の現状

（１）GUI、実世界インタフェース

Xerox Alto の登場（1973）以来、コンピュータのユーザインタフェースに GUI が取り入れられてから 30 年以上が経った。その間、Windows ３．1→95/98→XP→Vista や AppleLISA→Macintosh→Mac OS X、あるいはマイナー路線として Amiga、NextSTEP、OS/2、BeOS など多くの OS で GUI が採用されてきた。コマンド操作が主流と思われている UNIX/Linux 系でも、昨今では充実した GUI を備えている。個々の表現･操作技術で多大の技術進展やデザイン的な洗練が見られたが、WIMP(Window,Icon,Menu,Pointing)や WYSIWYG（What You See is What You Get）といった基本的なコンセプトはこの 30 余年の間にほとんど変化していない。これまで，GUI からのパラダイムシフトが起きうる好機の一つとして Internet の普及があったと考えられるが、結局は Web 向け UI も旧来の GUI コンセプトを忠実に継承したものとなった(図２－３)。

これまで，GUI 技術の進展は主に表現力向上に見られたが，Mac OS X や Windows の最新版 Vista においても、その流れが踏襲されている。Mac OS X ではウィンドウの展開／格納時や，Expose と呼ばれる複数のウィンドウを画面上で一覧できるように並び替える機能などで，連続的なアニメーション表現が多用されている.

Windows Vista では，高性能なグラフィック機能を有する PC を対象に、Windows Aero と呼ばれる高度なグラフィック GUI が提供され，Aero Glass と呼ばれる半透明なウィンドウ表現や Flip３D と呼ばれる複数のウィンドウを３次元的に並べて表示する機能などが提供されている。

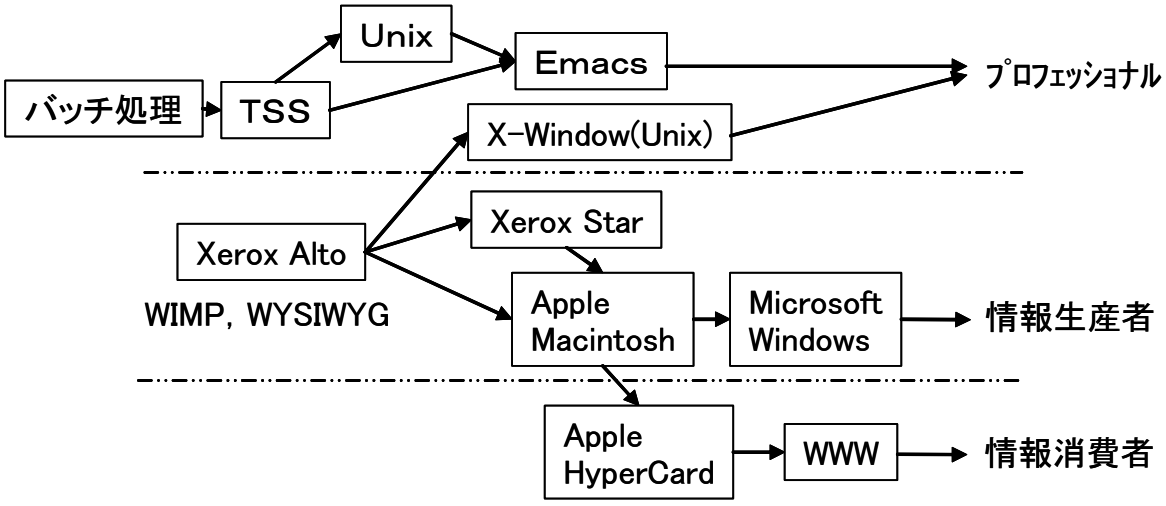


図２－３　ＧＵＩ技術の変遷

GUI が高精細ディスプレイとマウスなどの座標入力装置など、PC 端末との対話だけを対象としているのに対し、実世界の物体と連動したインタラクション技術が実世界インタフェースである。

実世界インタフェースの技術開発は、1980 年代後半のバーチャルリアリティ技術に端を発している。当初はバイザー型の広視野ディスプレイと頭部の位置／角度装置が一体となったヘッドマウントディスプレイと、手指や身体の位置／角度を検出するデータグローブやデータスーツと呼ばれる入力装置を用いて、CG で合成された仮想的な物体を手で掴むなどのリアルな操作を可能にするものであった。このように、バーチャルリアリティ技術は、情報世界のデータとの直観的なインタラクションを目指したものであったが、実世界インタフェースではこれを拡張し、実世界の物体をセンシング／情報化し、これを情報処理やインタラクションに利用するものである。

現在すでに、２次元バーコードや無線タグ（RF-ID）など、実物体のセンシング技術が発展／普及しつつある。これとジェスチャなどのマルチモーダル入力技術、あるいはシースルーディスプレイなど実世界にオーバラップさせる表示技術が連携することで、コンピュータの利用シーンが飛躍的に拡大していくと考えられる。

（２）翻訳・通訳

ブロードバンドが普及し、個人でも世界中の情報に触れる機会が増えるにしたがって、個人向け翻訳ソフトの売り上げが伸びている。また企業内でもグローバル化が進むにつれて世界を相手に情報の収集発信を行なう必要性が増大しており、機密文書も安心して翻訳できる／グループ内で辞書が共有できることを売りとした企業向けのサーバシステムが発売されつつある。さらに翻訳作業を業務とする翻訳業界についても、特に近年ソフトウェアやＷｅｂサイトを各国向けに翻訳するローカリゼーション分野の市場を中心として急速に拡大しており、今後この分野の伸びとともに翻訳・通訳システムの利用機会も増える傾向にあると見られる。

翻訳・通訳分野の技術動向としてはまず、翻訳辞書の語彙拡充が着実に進められていることがあげられる。例えば商用システムの多くが１００万語以上の基本辞書を提供するようになっており、そのペースはますます加速する傾向にある。また翻訳手法としては現在でもルールベースの手法が主流であるが、部分的に事例ベース手法や統計ベース手法を組み合わせる手法も一般的になりつつある。さらに翻訳対象と同じ分野の文書を参照して、その分野に適した翻訳を行なうといった各種適応化機能についても盛んに研究されている。なお各種の言語対の間で商用の翻訳システムが開発されているが、日本語を対象とするシステムはほとんど国内メーカ産の製品をベースとしており、この分野における日本の技術力は国際的にみてもトップレベルにあると言える。

基本技術としては、商用システムのほとんどは、人手で辞書・翻訳規則を作りこんだルールベース翻訳（RBMT）である。訳語選択等に用例ベース・統計ベースの手法を組み合わせることも一般化してきている。統計ベース翻訳（SMT）については、現在盛んに研究が行われており、特に、フレーズを処理単位とするフレーズベースアプローチがクローズアップされている。一部では統計ベース翻訳システムの商用利用も始まった。通訳システムは海外旅行用途などに分野を絞って音声認識・機械翻訳の精度向上をはかっている。

2-3-2.今後の見通しと課題

（１）GUI、実世界インタフェース

過去 30 年ほど、CPU 処理速度やメモリ容量などのコンピュータ処理能力は大雑把にムーアの法則（２年で倍増）にしたがって向上してきており、それにつれてユーザインタフェースもテキストベースからGUI、さらにはマルチメディア利用という方向で発展してきた。2010 年以降にはこの法則にも限界が来ると予想されているが、それまではほぼ同様の性能向上が続くと考えられる。これに伴い、ユーザインタフェースもさらなる表現力の向上が図られ、３D 表現やアニメーション、動画/映像などを利用したリッチでデコラティブな表示技術が一層進むと考えられる。「2.3.1 技術の現状」で述べたような Windows Vista や Mac OS の他に、Java の Project Looking Grass や Linux でも同様の方向が打ち出されており、2007～2009 頃には PC 上の GUI の大きな流れになると考えられる。

ただし、インタラクション技術は基本的に端末形態に依存している。上記の流れはあくまで現行の PC の発展形､すなわち高精細／大画面の平面型ディスプレイと座標入力の容易なポインティングデバイスを備えた端末を想定したものである。革新的な表示／操作デバイス（例えばホログラムによる３次元表示や操作負荷の少ないマルチモーダル入力装置など）が実用化されれば、それらを活用した新たなインタラクション技術が考案され、発展していく可能性がある。しかしこの場合でも、GUI で構築された膨大な資産を無視することはできないため、何らかの形でその思想は継承されていくと考えられる。

端末の多様化に合わせてユーザインタフェースも多様化すると考えられる。大きくは、ハイパフォーマンス機の利用を前提とした現行 GUI のリファイン形と、リモコンなどシンプルな入出力装置による家電 UI の発展形に２分されていくと予想される。ゲーム機の世界では、リモコン型のデバイスに加速度センサを埋め込んで、利用者のジェスチャや動きを取り込む技術が、すでに実用化されている。

モバイル端末の性能向上は目覚しく、そのユーザインタフェースがどちらの形態をとるのかはにわかには予想が難しい。例えば日本における携帯電話のハイエンド機の傾向を見る限り、小画面/キー入力という制約にもかかわらず、マルチタスク化やWebブラウザの搭載など、高機能GUIを指向していると考えられる。

また、現行のITS製品やゲーム機、あるいはエージェントロボット研究に見られるように、タスクや状況は限定されるもののマルチモーダルインタフェースの実用化が進むと考えられる。

今後ユビキタスインフラの整備により各種センサやCPUが環境に埋め込まれるようになると、人間と実世界との相互関係がユーザインタフェース技術に取り込まれるようになっていく。特に、近年は無線タグ（RFID）の普及が加速しており、これを利用してモノに対する人間のアクションを直接コンピュータへの入力にする試みが盛んである。例えば、「美術館の展示作品にRFIDが埋め込まれており、来場者が近づいたときにその作品に関する情報が来場者端末に表示される」とか、「棚に並んだ商品に関するアピールポイントや関連情報などが、その場で店員や顧客に提示される」などである。これらの技術は実世界指向やタンジブルインタフェース、あるいは実物体インタフェースと呼ばれ、２～３年後の実用化を目指した研究が進められている（図２－４）。

また、ユビキタス社会が成熟すれば、人の置かれた位置や状況、意図などを考慮して、適切なサービスや情報が提供されるようになると考えられる。このとき、そのサービスや情報をユーザがそのときに利用できる端末に、適切な形で提供するのが環境型インタフェースである。現在、環境型インタフェースに関しては、ジョージア工科大のAware Home、MITのOxgen、UCBのSmartDustなどの研究プロジェクトが知られている。ただし、これらの技術の実用化には状況をセンシングするための高性能、安価、超小型センサとともに、それらセンサ情報の流通/処理インフラ（センサネットワーク）が必要であり、実用化のレベルに達するには5～10年の期間を要すると考えられる。

さらに、ユーザインタラクションもすべてのユーザに対して画一的に制御されるものから、ユーザや環境に適応して、より利便性が向上するように、自動的に変化する技術が確立されると考える。当初は、テキストでのインタラクションであるか音声を用いるかなどの、インタラクションのためのモーダルが選択できる程度であるが、2010年ごろには、初心者には丁寧なインタラクション、熟練者にはショートカットを用いたインタラクションというように言い回しを変換したり、表示の丁寧さを変換したりできる。さらに、複数のサービスを組み合わせてインタラクションをリッチにする仕組み（サービス記述、API構築）が実現され、インタフェースが標準化される。２０１５年ごろには、端末やユーザ属性に合わせて、リアルタイムにサービスを合成できるまでになると考えられ、ユーザのスキル、要求、状態に合わせて最適なインタラクションを合成して提供できるようになり、より豊かで快適に情報機器を利用できるようになる。

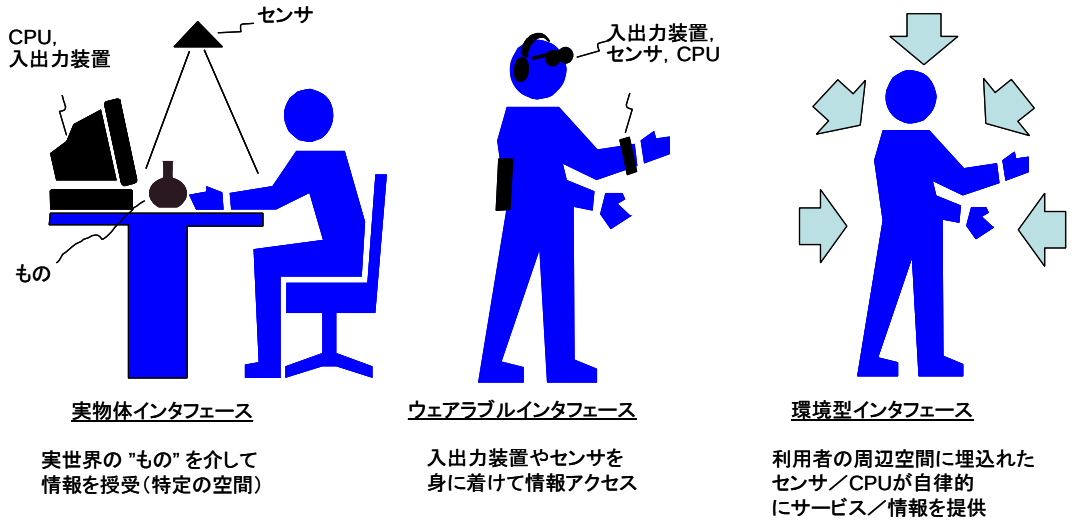


図２－４　インタラクション技術の進展

（２）翻訳・通訳

通訳・翻訳の最も重要な課題として、翻訳精度向上が挙げられる。個人向けの Web 翻訳や翻訳ソフトを使ったことのあるユーザは増えつつあるが、現状の翻訳精度では、翻訳結果だけを見て内容を理解したいというユーザのニーズには十分応えられていない。業務翻訳用途では、前編集、後編集のコスト削減につながる翻訳精度向上への要求が強い。

翻訳精度向上には、自然言語に内在する曖昧性の解消精度を向上させることが重要である。そのためには、曖昧性解消に用いる知識の充実が本質的である。商用システムの多くを占めるルールベース翻訳では、開発者が手作業で辞書をはじめとする知識ベースの構築を行ってきたが、知識量が増大するにつれ、整合性をもった記述が困難になり、構築コストが指数的に増大する。現状の商用システムの翻訳精度が伸び悩んでいるのは、この問題が大きい。実際的な応用の観点からは、翻訳対象分野を限定することにより、言語の曖昧性が減少し、曖昧性解消に必要な知識量も減少するため、翻訳精度の向上が容易になる。限定分野における（半）自動知識獲得と分野適応は、この観点から重要な課題である。

コーパスベースのアプローチは、コーパス自体を知識源とし、翻訳知識を自動獲得することで、翻訳精度向上の妨げになっている知識ベース構築コストを大きく削減できる可能性がある。ただし、良好な翻訳精度を得るためには、質の良い対訳コーパスを大量に必要とする。特に統計モデルベースのシステムが、翻訳精度に関して、現状のルールベースのシステムを超えることができるのか、また、そのためにはどれくらいの量の対訳コーパスが必要となるのかについては、現在、研究課題として追求されているところである。統計モデルベースでは、翻訳精度向上のため、主流の統計モデルは単語ベースからフレーズベースへと移行しており、一部では句構造の導入も試行されるなど、モデルに文法的な知識を融合する方向のアプローチが盛んになっている。今後ともこの傾向は継続するものと思われる。

通訳等のコミュニケーション支援については、翻訳精度向上はもちろんとして、対話のコンテキストで利用されるために、翻訳において動的に変化する話題や文脈を適切に考慮することが課題となる。

中国語をはじめとする多言語への対応も、今後ますます重要となる課題である。

2-3-3.キーテクノロジー

（1）GUI、実世界インタフェース

GUI の 3D 化に関しては、まずは高性能画像処理が必要であり、これに向けたアルゴリズム、専用チップの開発が急務である。また、単に現行 UI を 3D 表示したりアニメ表示するだけでは、目新しさだけに終わってしまう可能性がある。作業目的に応じた真に効果的な 3D／動的表現技法も研究開発のターゲットとなる。モバイル端末向けのユーザインタフェースでは、まず小画面、限定された操作デバイスという制約の克服が求められ、これを解決するための表示、操作技術がブレークスルーの鍵になる。また、蓄積資産の利活用や開発コスト低減という視点からは、「2.2 表現インタフェース」の項で説明したような、PC 向けに開発された UI やコンテンツを、モバイル端末向けに自動変換する技術も求められる。

環境型インタフェースに関しては、まず実世界のものとのやりとりを介した情報の授受を実現するため、マルチモーダルインタフェースや実物体インタフェースの実現が必要となる。このためには、物や身体の位置／状態を高精度にセンシングする技術や，無線タグなどそれらの情報を効率よく送信する技術が必須である。

さらに特定の場所に依らずサービスを受けるためには、入出力装置や利用者の状態／状況を検知するセンサを常に身につけておく必要が生じるため、ウェアラブルインタフェースの技術も必須となる。また、上記でも触れたように環境型インタフェースではユビキタスインフラの普及／高性能化が前提となるため、高性能、安価、超小型センサや、それらセンサ情報の流通/処理インフラ（センサネットワーク）を構築する必要もある。

また、環境型インタフェースでは、利用者にとってわかりやすいだけでなく、状況によっては「邪魔にならず」「さりげなく」情報やサービスを提供する技術が重要になる。このためには、利用者の意図、感情、置かれた状況などを的確に把握する技術の他に、人間特性に関しても、そういった切り口からの探求が必要になるだろう。人文科学や心理学､アートフォームなども含めた学際横断的な検討が期待される。

上記のような複雑なインタラクションを実現するための開発技術も高度化する必要がある。特に、適応的な動きをするシステムの場合、要求仕様を満足するようなインタラクションが実行できるかを評価する技術も不可欠である。多様な状況に適応するインタラクションを、設計者が予めすべて記述することは不可能であり、半自動設計手法の構築が不可欠である。また、２０１２年ごろに実現されるオンデマンドでのサービス合成を実現する設計手法としては、オンデマンドでサービスをカスタマイズできる設計手法の構築が必要である。また、そのためには、ここのインタラクションサービスのためのインタフェースや振る舞い記述言語の標準化が必要となる。さらに、２０１５年ごろ実用化したいリアルタイムサービス合成においては、個々のインタラクション自体が状況に応じて適応変化する必要があり、現状の記述言語を中心としたインタラクションとは異なる

（2）翻訳・通訳

翻訳精度向上のためのキーテクノロジーとして、曖昧性解消のための言語知識の構築・獲得技術と、分野適応技術が挙げられる。言語知識の構築・獲得技術に関しては、従来からのルールベースのアプローチと、近年確立されてきた統計モデルや学習理論に基づくデータ指向のアプローチを融合することにより、これら知識を利用する言語解析・言語理解の大幅な精度向上につながるブレークスルーが期待される。分野適応技術は、分野を限定した場合の言語知識構築・獲得技術と位置づけることができ、この観点からは少量データからの知識獲得がポイントとなる。

コミュニケーション支援用途においては、単なる翻訳では不十分で、話題の移り変わりや文脈、個人の背景知識や文化的差異を考慮して話者間のコミュニケーションギャップを吸収することが本質であり、これを支援するエージェント的な技術、動的に変化する話題に適応する動的適応技術がキーテクノロジーとなろう。

3. セキュリティ

3-1. プライバシ

3-1-1. 技術の現状

現代社会では何らかのサービスを受ける際に名前や住所などの個人情報を開示しなければならないことが多い。開示することになる個人情報は個人に付帯する属性情報である。属性には性別や国籍など個人の時間的な推移に対して変化が少ないものと、行動履歴や病歴など変化の大きいものがある。ここでは前者を静的な属性、後者を動的な属性と呼んで区別する。また、単独で本人をほぼ特定できる氏名、パスポート番号などの ID 情報は静的な属性に分類できるが、その漏洩はプライバシ保護にとって極めて重大となるため、ここでは敢えて静的な属性には含めず特別に取り扱う。これらの属性は通常複数集まってコンテキストとして情報開示される。

このコンテキストを保護するための現状のコンテキスト保護技術は、個別のコンテキストを暗号化する、またはアクセス制限を加えることで保護している。利用者が単一のサービスを受けている範囲においては、サービス提供者が個人情報保護ポリシーに基づいて暗号化やアクセス制限によって適切な管理を実施している限りにおいて、利用者にとって把握可能な範囲での開示に留まっている。しかし、今後はクレジット会社と航空会社とのポイント合算サービスに代表されるような複数のサービス提供者による複合的なサービスが普及すると予想され、それぞれのサービス提供会社が持つ属性が互いに関連付けられることにより、利用者の想像を超える数の属性のコンテキスト情報を無意識にサービス提供者に渡すことになる。また、ユビキタス社会の進展により利用者が携帯端末等で利用者の位置や行動を開示することによってサービスを受けるようになると、利用者は動的な属性を開示する必要に迫られる。動的な属性には位置情報や行動履歴など調査・解析などにより個人を特定しやすくなる情報が多く含まれ、更に高度なコンテキスト保護技術が要求されてくる。

また、利用者がサービスを享受する際に、必要最低限な属性のみを開示してサービスを享受できるようする技術の一つとして、匿名認証技術が提案されている。匿名認証技術は利用者が自分の ID 情報を

示さずに属性だけを提示することができる技術である。これによって例えば名前を開示せずに会員であるという属性だけを開示することでサービスを受けることが可能となる。当初、匿名認証技術には計算量が大きいという問題があったが、これが解決するにつれ、実用化の目処が立ってきた。

一方、通信路を流れる個人情報に目を向けて見ると、ID 情報が属性とともに流れることが多く、これらに対しては従来から暗号を利用した秘匿技術で動的な属性を守り、一時的な ID を利用することで ID 情報を保護するという対策が取られてきた。このような送信者秘匿技術は今後も利用されていくと思われるが、これらの対策だけでは送信側の IP アドレスのなど送信の際に暗号化できない情報が漏れてしまう。IP アドレスだけでは送信者が特定できない可能性もあるが、たとえ特定できなくても、サイト間の送信量の情報は漏れており、その変化によって重要な情報の開示に繋がることもある。このような問題を解決するため、オニオンルーティングなどの匿名通信技術が提案され、現在では実験システムとして稼動している。

3-1-2.今後の見通しと課題

コンテキスト保護技術は、情報セキュリティの観点から注目されているアクセス制限技術が様々な角度から研究・実用化されていくが、その後は関心がプライバシ保護、特に個人情報秘匿化技術に移ると予想される。これは、センシングやコンテキスト抽出の高精度化が大きな誘因となる。コンテキストを個別に保護する技術は 2010 年には確立されると見られるが、その後、複数の不完全なコンテキストの断片から十分な情報量と精度を持つコンテキストを推定する高度な推論技術が不正に利用される可能性がある。このような問題に対処するための推論攻撃対策技術の研究開発が、その対象を従来の関係データベースや一部の XML ドキュメントからコンテキストへと拡大してくるだろう。

また、利用者の ID 属性を開示せずに属性のみを証明できる匿名認証技術では、利用者が属性を失った際にどのようにそれを失効させるかという部分に関して若干の問題を抱えているが、他の障害となる問題は解決されつつあり、近い将来にこれを応用したサービスの実用化が期待される。また、現在の匿名認証技術では証明できる内容が予め固定されているが、今後は証明できる内容を利用者が自由に変更制御できる方向で技術改良が進むものと思われる。オニオンルーティングなど匿名通信技術は、一部のノードが停止するなどの異常系での処理が課題となっており、どのような環境でも実現可能な匿名通信技術の開発が進められ、これと並行して実用化が進んで行くと思われる。

3-1-3.キーテクノロジー

2010 年ごろまでに、コンテキストは精度良く抽出可能となると考えられるが、これは個人情報秘匿化技術の進展を睨みながら実用化していかなければならない。十分な個人情報秘匿化技術が確立された上で初めて、抽出されたコンテキストの実世界での活用が可能になる。個人情報秘匿化の技術は、暗号化や認証技術を用いたプライベートな情報に対するアクセス制限のほか、サービス利用者の個人情報を直接参照せずに一定の条件を満たした正規のユーザであることを証明するなど、数学的理論に基づく匿名性保証技術の応用が考えられる。特に、一貫したユーザサービスのためには、個人情報を排除した上で

の、コンテキストのトレースを可能にしなければならない。それゆえ、一箇所でも匿名性が破られると、芋づる式に匿名性が脅かされる。単なる暗号でない匿名性保証技術が必要となる。

匿名認証技術においてキーとなる技術はグループ署名技術である。グループ署名技術は同じグループに属する各署名者が互いに異なる署名鍵を持ち署名を生成し、その署名が（署名者を開示する必要のない）共通の検証鍵で検証できるという特徴があり、同じ属性を有する集団を一つのグループと見做すことによって、ID 情報を隠して属性だけを証明することが可能となる。一方、現在の匿名認証技術ではグループ署名を利用しているため、証明する内容と署名鍵が一対一に対応しているため、証明する内容をフレキシブルに変更できないという問題がある。匿名認証技術は利用者が開示する内容を制御できることを目的としているため、今後はグループ署名を改良することにより、証明する内容をフレキシブルに変更できるフレキシブル匿名認証技術へと発展して行くものと思われる。

通信路を流れる情報からプライバシ保護を実現するキーテクノロジーには暗号化技術により属性を暗号化し、一時的な ID を利用することにより ID 情報を守る送信者秘匿技術と、匿名通信技術がある。匿名通信技術は受信者のアドレスと送信者の IP アドレスを秘匿した通信を実現する技術であり、代表的な方式としてオニオンルーティングがある。オニオンルーティングはネット上のパケットをパケット毎にランダムに変化させた経路を通すことにより送信側のアドレスを秘匿し、かつ送信先を含めて何層も公開鍵暗号で暗号化することで受信側の IP アドレスを秘匿する技術である。経路上のノードでは転送されてきたパケットの最上位層が復号でき、復号した結果から次の転送先と次層の暗号化データを取得して、転送先となっているノードに送信することにより実現される。オニオンルーティングは Tor という実験システムで既に実用化されており、誰でも Tor を利用して匿名通信が可能である。しかし実用面では、トラフィックが少ないと、たとえランダムに経路を選択したとしても、追跡により匿名性が破れる場合がある。また、オニオンルーティングでは予め伝送経路を決めるため、途中通過すべきノードが故障等で消失するとその先には伝送できなくなるなど、解決すべき問題がいくつか指摘されており、匿名性を保つための運用とその評価方法の確立が課題である。一方で、このような技術課題を克服しつつも、2009 年以降には現実の社会でネット上のトラフィックから情報が漏れるという問題点が表面化し、実用化段階に入ると思われる。

3-2. 権利保護

3-2-1. 技術の現状

デジタルコンテンツは、その特徴として①コピーしても劣化しない、②ネットワークで流通できる、といったものがある。これは、コンテンツの取扱いを容易にする反面、不正コピーなどの著作権侵害の被害を大きくするという問題があった。この問題を解決するために、デジタルコンテンツを用いたビジネスでは、コンテンツに関する権利を管理する Digital Rights Management 技術（DRM）を採用している。

DRM を構成する技術として、コンテンツの利用条件の記述方式や暗号化技術、セキュア通信技術がある。コンテンツの利用条件は、初期の頃はコピー許可の有無を示すコピー制御情報（Copy Control

Information (CCI)) だけであった。しかしその後、ユーザの利便性向上やビジネス上の必要性から、コピー回数や再生回数、再生期間など、コンテンツを利用する際の様々な条件を表現できるよう進化している。また、利用条件記述やコンテンツを、記録媒体へ記録したり、インターネットなどで配信したりするときには、暗号化が施され、正当な権利を持たない利用者がこれらのデジタルデータに不正にアクセスすることを防止している。

3-2-2.今後の見通しと課題

デジタルコンテンツの関連市場は、映画・音楽・書籍など様々な分野がある。また、コンテンツの流通に関しても、蓄積メディアによるものや、放送、ネットワーク配信など、複数の形態が存在する。デジタルコンテンツ市場の発展の過程で、各業界がそれぞれのバリューネットワークやコンテンツの利用形態に適した利用条件の記述方式を採用してきた結果、市場には複数の DRM が存在することになった。DRM は、定められた利用条件を超える扱いを制限する技術であり、基本的に Closed に設計されるため、異なる DRM 間での互換性がない、という課題がある。例えば、ある携帯電話で配信された音楽を購入した人が、別のキャリア会社の携帯電話に買い換えた際に、元の携帯電話で購入した音楽を新しい携帯電話で聞くことができない、という問題の原因の一部は DRM の互換性に起因している。

DRM で強固にコンテンツの権利を保護した結果、コンテンツをデジタル化したことにより得られる無劣化コピーや流通性というメリットが享受しにくくなっていることは、ユーザの利便性のみならず、「いつでも・どこでも」を可能にするユビキタス社会の市場創出の観点からもマイナスである。今後は、デジタルコンテンツの DRM の相互互換を可能にする取組みが図られ、実用化されていくものと予想される。

3-2-3.キーテクノロジー

DRM 互換性を実現するための最初のステップは、1 対 1 の機器間での単方向の利用条件の変換である。これは、例えばある DRM を採用した配信システムで配信されたコンテンツを、別の DRM を採用した蓄積メディアに書き出すことを可能にする技術である。この方式は「エクスポート」と呼ばれ、基本的には書き出し元の DRM の規格が、書き出し先の DRM への変換ルールを取り込むことで実現される。これにより、一定の利便性向上が得られるが、書き出し元の機器で数多くの DRM 変換ルールを備えることが必要になるほか、新しく追加された DRM にすばやく対応できないという課題がある。

そこで次の段階として、各 DRM の相互互換のフレームワークを構築することで、複数の DRM 間の利用条件を相互に変換する技術が考えられる。これは、将来的にあらゆる機器がネットワークに接続された社会をターゲットとし、DRM の変換ルールのテーブルをネットワーク上のサーバで持つことで、異なる DRM を採用した機器間でコンテンツを相互に利用することを可能にする技術である。これにより、各 DRM は大きな変更を強いられることなく、また、ユーザは DRM を意識せずにコンテンツを利用することが可能になる。DRM の相互互換の実用化には、各 DRM が表現する利用条件の意図を損なわない変換ルールの構築や、関連する業界にとって納得性の高い運用ポリシーの策定が必要になる。

【参考文献】

・特許庁　「平成 17 年度　特許出願技術動向調査報告書　デジタル著作権保護（DRM)」，（平成 17 年 3 月）

・CORAL CONSORTIUM Whitepaper “Interoperable Media & Home Networks”，（June 2006）

3-3.認証

3-3-1.技術の現状

近年、テロの脅威や凶悪犯罪及び窃盗の増加にともない、公共機関、企業の重要施設及び一般住宅における入出管理の徹底が求められるとともに、ネット上での個人情報保護や機密情報流出防止も急務となっており、個人認証技術の重要性が高まっている。その中でも、バイオメトリクス認証は、本人しか持ち得ない情報あるいは特徴を個人認証のためのキーとして積極的に活用する技術であり、今後、暗証番号やＩＣカードの代替手段として必要不可欠な技術となってくると予想される。

バイオメトリクスには大別すると顔、虹彩、指紋、静脈、ＤＮＡのような遺伝的あるいは身体的バイオメトリクスと、音声、署名、歩行といった行動的バイオメトリクスとに分けられる。

前者は、経時変化が生じにくく個人特定の再現性も高いために、業務用を中心に多くのメーカがさまざまなタイプのセンサやシステムを開発し実用化している。中でも、指紋認証システムは、建物の入退出、エレベータの動作制御、携帯電話の所有者認証などですでに実用化されている。一方、虹彩認証システムも、企業や官公庁の入出管理などで実用化されている。また、静脈認証により銀行の不正引き出し防止なども実用化されつつある。

一方、後者は、採取時の環境の影響や生体特有の変化が常に存在するために、充分な認証精度が得られないのが現状である。その良さは多くの人が認めているものの、実用化にはまだかなりの時間がかかることが予想され、どちらかというと大学などでの長期的な研究が中心となっている。

3-3-2.今後の見通しと課題

今後の方向性としては、認証精度を向上に向けた開発と、利便性の向上に向けた開発の２つの方向性がある。

前者の方向性としては、複数のバイオメトリクスを利用するマルチモーダル化の流れが出てきている。その一例として、国土交通省などによる国内の空港での虹彩認証及び顔画像認証の組合せによる搭乗手続きの自動化の試み等が行われている。また、究極的には、DNA のような情報まで使うと予想される。具体的には、DNA の情報を基に、鍵となる「DNA-ID」を作成し、それをもとに認証する。但し、DNA の抽出等に対し多くの時間やコストがかかることが課題である。

一方、利便性の向上に向けた開発の方向性として、誰でも使えるようにする機能（**フールプルーフ**）と予想外の事象に対する機能（**フェイルセーフ**）に向けた開発が求められている。

まず、フールプルーフ機能としては、接触型から非接触型へ、認証のための手続きを陽に行う方向から、通常の動作の中での認証情報の採取に進化すると予想できる。例えば、指紋では接触センサに対し

ユーザが陽に指を置かないといけないが、今後、虹彩、顔等の非接触型認証技術の進化により、ドアの通過時や画面を見る時点に必要な認証手続きが実行されることも可能になる。また、誰でも使えるように複数バイオメトリクスの併用といった方向に進むことも考えられる。

一方、フェイルセーフ型機能として、バイオメトリクス認証の廃棄と代替手段を用意することが挙げられる。一般に、身体的バイオメトリクス情報は盗まれた時の廃棄（リボーク）をすることができないことが課題になる。この課題を解決するために、身体的バイオメトリクスと行動的バイオメトリクスを併用するバイオメトリクスが有効となる。例えば、顔と音声を併用することで盗まれた時の廃棄と代替への対応をするといった取組みもなされていくと予想される。

3-3-3.キーテクノロジー

バイオメトリクス認証を実現するキーテクノロジーとしてパターン認識技術がある。パターン認識技術は、入力された画像や音声のパターンから対象を識別する技術であり、代表例として、カメラで撮影された顔や虹彩のパターンで人を識別する顔認証や虹彩認証、スキャナで読み取られ指の指紋や掌の静脈パターンによる指紋認証や静脈認証、マイクで収集された音声パターンで人を識別する音声認証がある。顔認証や虹彩認証では、撮影された顔や虹彩の濃淡パターンを、登録されている濃淡パターンと比較し照合する。虹彩のパターンは、生後２年以降殆ど変化せず、兄弟でも異なるパターンであるため、虹彩認証では高い精度を達成できる。一方顔は、人間が見てもわかるものであるので、人間にとって最も馴染み易い認証であると同時に、認証時の顔が保存されることで犯罪抑止効果があると言われている。指紋認証では、読み取られた指紋から指紋の線の枝分かれしている点や指紋の線が行き止った点などの特徴的な点を抽出し、登録されている指紋の特徴点と照合する。静脈認証は、読み取られた掌の静脈の模様が、登録されている模様と一致するかを照合する。指紋も掌の静脈も、個人に特有の模様を有しているため、適切に撮影されれば高い精度を達成可能である。音声認証では、特定の言葉における音声信号の周波数成分を、事前に登録した周波数成分と比較することで照合する。

このように、パターン認識技術は、取得した画像や音声のパターンから特徴を抽出し、予め登録されている画像や音声パターンと照合することで、取得したデータが誰のものであるかを判定する技術である。従って、登録時と照合時のデータにノイズがなければ高精度な認証が達成できるが、登録時と照合時のデータ取得環境の違いに起因するノイズで登録データと照合データの相違が大きくなればなる程、認識の精度は低下する。また、登録時と照合時に全く同じ環境でデータを取得することはあり得ないため、100%の認識率は達成できない。このため実用化では、パスワードとの併用や、音声と顔などを併用する複合認証を行うことで認証精度を高める方式も検討されている。

【参考文献】

・半谷精一郎、“バイオメトリクス認証技術の動向とセキュリティシステムへの応用”，映像情報メディア学会誌，Vol.58，No.6，pp.750-752，(2004).
・特許庁総務部技術調査課編、“電子ロックシステムに関する特許出願動向調査”、(2001)

・国土交通省　平成１４年１１月５日記者発表「航空チェックイン手続きの電子化等に関する実証実験」

3-4.暗号

3-4-1.技術の現状

情報ネットワーク社会が拡大、複雑化するに従い、セキュリティに関する事故や犯罪が広がっている。例えば、コンピュータウィルスやカード偽造、プライバシ侵害など直接ユーザに被害が及ぶ場合も多い。そのため、これらに対して適切に対策するセキュリティ技術、特にその基盤技術である暗号技術の重要性が高まっている。

最近、DVD や SD などの蓄積メディアにおけるコンテンツ保護、デジタル放送の保護、インターネットにおける SSL（Secure Socket Layer）など身近なところで暗号技術が使われている。ここでは、SSL を例として説明する。SSL は、Netscape Communications 社によって開発されたトランスポート層に位置するプロトコル（ソケット・ライブラリ）であり、暗号化と認証によりセキュリティを確保する。クレジットカード情報や個人情報を閲覧者 - 被閲覧者間で通信する際など、第三者による情報閲覧を困難にするため用いられる。公開鍵暗号を用いて、サーバを認証し不正なサーバとの接続を防止する。秘密鍵暗号を用いて通信路を秘匿する。

一般に、暗号技術の安全性と性能、コストはトレードオフとなり、応用や保護すべき情報の価値を鑑みたリスク分析を実施し、適切な暗号技術を用いることが重要である。また、暗号の安全性に完全はなく、新たな攻撃法の発見や、攻撃のためのコンピュータ性能の高度化に対応し、対策を着実に積み重ねていく必要がある。さらに、近年では、実装モジュールの動作時の電力変化から秘密情報を解析する電力攻撃【参考文献】なども盛んに研究されており、アルゴリズムのみならず、そのセキュアな実装方法も重要となっている。

【参考文献】

・神永正博、渡邉高志，″情報セキュリティの理論と技術″，森北出版株式会社，2005.

3-4-2.今後の見通しと課題

1990 年から 2005 年にかけて、暗号解読の進展があった。中でも、2004 年に発表されたハッシュ関数の解読（衝突するペアの発見であり、応用分野によっては必ずしも重要な問題ならない）以降、米国国立標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)では、米国連邦政府機関での情報システムにおける暗号アルゴリズムを見直している。「SP 800-57」によれば、2010 年までにすべての米国政府標準暗号の強度を、現在主流となっている 80 ビット安全性のアルゴリズム（例えば、1024 ビット RSA、160 ビット楕円曲線暗号）を中止し、112 ビット安全性以上のアルゴリズム（例えば、2048 ビットの RSA、224 ビット楕円曲線暗号）に移行することが明記されている。

現在使われている暗号アルゴリズムの多くは、米国で開発された暗号であることより、上記 NIST の決

定は、世界中に影響を及ぼすものと予測される。日本についても同様で、2010 年を境に、より高い安全性を有する次世代の暗号に、急速に移行するものと考えられる。

なお、暗号技術の標準化の推進に関する日本独自の取り組みとして、CRYPTREC (Cryptography Research and Evaluation Committees)という活動がある。これは、ミレニアムプロジェクト (1999 年) や、e-Japan 戦略 (2001 年) を背景に、電子基盤構築を目的として、総務省および経済産業省が主幹となって取り組んだ取り組みの１つであり、具体的な成果物として、2003 年 2 月に「電子政府推奨暗号リスト」を公表している。ここに掲載された暗号は、CRYPTREC が、今後 10 年間は安心して利用できるという観点から評価を行ったものであるが、上記述べた NIST 等の動向も考慮し、適宜見直しを行う必要があると考えられる。

その他、日本の取り組みとしては、現状、国際規格に対応して SC27 専門員会や INSTAC が中心となり活動している。今後とも、暗号技術の国際的活動の中での日本の積極的参加と活躍が期待されている。

SC27 専門員会は、JTC1/SC27 国内審議のために情報処理学会が事務局となって組織された国内委員会であり、CRYPTREC でリストアップされた国産暗号の国際標準化に大きな貢献がある。また、INSTAC では、暗号モジュールのセキュア実装に関する国際規格 ISO/IEC 19790 の JIS 化を行っている。なお、これに関連し、(独)情報処理推進機構では、電子政府推奨暗号リスト等に示された暗号アルゴリズムが適切に実装されているか否かの試験などを行う暗号モジュール試験及び認証制度(JCMVP)の試行を 2006 年 6 月から行っている。

3-4-3. キーテクノロジー

暗号方式には、主に秘匿性を守るための暗号関数、暗号関数を用いた相手認証、署名に分けることができる。また、これらを実現する上で補助的に用いられる、ハッシュ関数と乱数生成がある。

暗号関数は、さらに、暗号側と復号側で同じ鍵を用いる秘密鍵暗号、暗号側と復号側で異なる鍵を用いる公開鍵暗号に分けることができる。秘密鍵暗号は両者で同じ鍵を共有するための方法が別途必要である一方、一般に高速処理が可能であるため、大量のデータを暗号化するのに適する。公開鍵暗号は一方の鍵を公開することができるため、例えばインターネットのような不特性多数のユーザ間での認証に用いられる。

秘密鍵暗号の代表は、2001 年に NIST 標準となった AES 暗号である。この暗号は、危殆化が進んだ DES 暗号に代わる暗号として、NIST が主催した AES プロジェクト (1997 年～2000 年) の結果として選ばれたものであり、128 ビットの安全性を有する。そのため、当面、致命的な欠点や解読法が発見されるなどがない限り、AES が標準として使われ続けるものと考えられる。

一方、現在のところの公開鍵暗号の代表は、RSA暗号である。現在、多くの場合、1024ビットのRSA暗号が用いられているが、上記したNISTの方針に従い、順次2048ビットに移行していくものと考えられる。また、同等の安全性を、より短いビット数 (224ビット) で達成できる楕円曲線暗号への移行も進むものと考えられる。RSA暗号や楕円曲線暗号は、解読の計算量が莫大であることに安全性の根拠をおく公開鍵暗号である。これは対応ビット数を上げることにより、安全性を強化する。また、攻撃者がどのよ

うなことを行えるのかを規定した上で「証明可能安全性」を有した暗号、例えばRSA-OAEP（Optimal Asymmetric Encryption Padding）（参考文献）などが使われていくと予測される。

1996年にShorが、量子計算機によって（RSA暗号の安全性の根拠となっている）素因数分解問題を効率的に解く方法を示した。量子計算の実用化はまだ見えていないとはいえ、RSA暗号が危殆化する懸念が出てきたことは確かである。これを受け、Ajtai-Dwork暗号を代表とする、格子暗号と呼ばれる、量子計算機による解読に耐性のあるとされる暗号が注目されている。今後こういったタイプの暗号の研究も進むものと予測される。

ハッシュ関数は、任意長のメッセージに対して、ある一定長のハッシュ値を求める圧縮関数である。その安全性は同じハッシュ値となる２つの異なるメッセージを求めることが困難であること（衝突困難性）で評価する。2005年に、現在、最も使われているSHA-1への攻撃（特殊な関係にあるメッセージの衝突が示された）が確認された。その後のNIST主催のハッシュ関数に関するワークショップでは、2010年までにSHA-1から、より安全性の高いSHA-2への移行が示された。また、2006年8月には、SHA-1／SHA-2に替わるハッシュ関数コンテストのスケジュールが、正式にNISTから公表された。これによって、公募による新しい米国政府標準ハッシュ関数（Advanced Hash Standard：AHS）選定のためのコンテスト実施に向けて大きく動きだしたことになる。 公表されたスケジュール案によると、2009年に公募、2012年に最終決定という約4年もの長期のプログラムになっている。

【参考文献】

・RSA Laboratories, "PKCS #1: RSA Cryptography Standard version 2.1", 2002, ftp://ftp.rsasecurity.com/pub/pkcs/pkcs-1/pkcs-1v2-1.pdf

4. 基盤ソフトウェア

4-1. コンテキストプラットフォーム

4-1-1. 技術の現状

（1）情報検索の高度化

情報検索はインターネットや World Wide Web(WWW)の普及にともない広く利用される技術となっている。Google 等のインターネットの検索エンジンを利用することで、ユーザは入力したキーワードに該当する情報を全世界の Web ページの中から検索できるようになっている。インターネットの検索エンジン以外にも企業や官公庁での文書管理や情報共有を目的としたシステムや個人の情報整理のためのツールに情報検索の技術で利用されている。

これらのシステムで利用されている現状の情報検索の技術は、”bag-of-words”と呼ばれるアプローチ、すなわち、テキストを単なる単語の集合と見なすアプローチを基本にしている。このアプローチは検索要求と検索対象のテキストを単語に分解し、それら単語集合間の一致度に基づき検索結果を出力する。単語の一致の有無だけを見ているため、検索要求の意味を考慮した高度な情報検索を行うことはできない。Web ページを対象にしたインターネットの検索エンジンでは文書同士のリンク関係に基づき各文書の信頼性を推定するアプローチを採用しているものもある。しかし、検索要求の解析など、基本が”bag-of-words”アプローチという点では変わりがない。

（2） 情報検索対象の広がり

インターネット上には、様々な言語のテキスト情報やテキスト以外のマルチメディア情報、すなわち、画像や映像などが存在している。言語に関しては多くの言語で情報検索のための言語処理系が整備され、検索対象と同一の言語で検索要求を入力すれば、該当言語の情報を検索することは実現されている。また、テキスト以外のマルチメディア情報については、Web ページに埋め込まれた画像などをキーワードで検索する機能がインターネットの検索エンジンの機能として公開されている。ただし、これは画像などが埋め込まれた周辺のテキストを利用しているにすぎず、マルチメディア情報の内容を理解した検索を行っているわけではない。マルチメディア情報の検索に関してはこの他に、例えば鼻歌による音楽の検索や類似画像の検索など、マルチメディア自体の特徴量を用いた検索が実現されている。ただし、このような検索では検索要求自体もマルチメディア情報であるため、ユーザが欲しい情報の内容を言葉で陽に表現することはできない。

（3） データマイニング対象の広がり

データマイニングの技術は、企業がすぐにでも利用できるコンピュータソフトウェアとして既に市場に現れており、多くの企業が初期の頃から積極的にビジネスとして取り組みデータマイニングを活用できる土壌が整い始めている。応用領域としては、顧客動向分析（マーケティング）やバイオインフォマティクスなどすでに大量のデータが得られている分野から取り組みが進められてきたが、最近ではインターネット上で収集されるコミュニティ・ソーシャルネットワークに関するデータや、RFID タグ・ユビ

キタスネットワーク、センサネットワーク，デジタル情報家電ネットワークなどの発展により大量のデータが収集可能になり、データマイニングの対象が急速に広がりつつある.

（4） 異種システム連携／分散処理

インターネット・ユビキタスネットワーク・センサネットワークなどの情報ネットワーク技術ならびWeb 技術は、異種システムを連携させ、複雑な情報処理を分散化することに大いに貢献している．特にインターネットを媒介としたコミュニケーションのコストを低減させ、産業・経済のみならず生活・文化・環境・政治など様々な分野での意思疎通の活発化に大きな効果を既に及ぼしている。現時点では、インターネットを経由したパソコンによる電子商取引が中心であるが、今後のユビキタスネットワーク・センサネットワークの進展により、携帯情報端末（携帯電話、PDA 等） や個人・物品認証用の RFID タグ，デジタル情報家電等によるユーザの利用シーンにおいても、異種システム連携や分散処理が進展することが予想される。

4-1-2.今後の見通しと課題

（1）情報検索の高度化

処理しなくてはならない情報が増えれば増えるほど、人間の情報処理能力は有限であることから、情報検索には高度な処理能力が求められることになる。そのための情報検索の高度化は、ユーザの質問(検索要求)の複雑さとその回答生成の難易度の観点から「質問応答型検索 (Factoid 検索、How 検索)」、「問題解決型検索(Why 検索)」、「自動レポート作成」の流れで技術開発が進められると予想される。(図 3-1.)

「質問応答型検索 (Factoid 検索、How 検索)」は文書検索と情報抽出技術を組み合わせた形で研究開発が進められている技術で、“bag-of-words”アプローチからの脱却の第一歩として位置づけられる。質問応答自体はエキスパートシステムが盛んに研究された 1970 年代に既に存在していた技術課題であるが、「質問応答型検索」は限られた分野の知識ベースに頼るのではなく、オープンな情報源である文書集合を参照して質問応答を実現することを狙った技術である。この中で Factoid 検索は、例えば「日本の首相は？」のような語句レベルで回答できる質問を処理するための技術である。また、How 検索は「DVD レコーダで追っかけ再生するには？」のような方法を尋ねる質問に対して回答を提示するための技術である。現在、Factoid 検索レベルの研究開発が大学や企業の研究機関などで進められている。

「問題解決型検索(Why 検索)」はトラブルシューティングにおける症状などの結果から原因を推定することを求めるような質問に対応するための技術である。「問題解決型検索」は情報抽出技術だけでは回答情報を特定することは困難で、情報間の因果関係を分析する必要がある。

Factoid 検索や How 検索のような質問応答型検索、Why 検索のような問題解決型検索が実現され、各種の質問に回答できるようになれば、異なる情報源から得られた回答の統合を行う「自動レポート生成」のための技術開発が行われると予想される。

（２）　情報検索対象の広がり

情報検索に関しては今後も言語とメディアの両面で検索対象を拡大するための技術開発が継続されると予想される。言語の広がりに関しては、今後、検索要求と検索対象の言語が異なる「言語間に跨るテキスト検索」の技術開発が重要になると考えられる。例えば、知的財産の正当な保護のため、言語を跨った多言語特許検索システムを構築することで、特許関連業務に費やしている技術者の知的生産性の飛躍的向上が期待される。対象言語には、中国や韓国など、今後、ますます関係強化が進められるであろう東アジアの国々の言語も含めた技術開発が必要になると予想される。

検索対象のメディアの広がりに関しては、「メタデータに基づくマルチメディア検索」、「内容理解に基づくマルチメディア検索」の二段階で技術開発が進められると予想される。前者の「メタデータに基づくマルチメディア検索」は、人手によりメディアに付与されたメタデータを利用してマルチメディア情報を検索する技術である。例えば、映像データに対して MPEG-7 の形式でメタデータを人手で記述しておき、そのメタデータ中のテキストを利用してシーンを検索することなどが考えられる。ただし、人手でメタデータを作成する作業には多大なコストがかかるため、将来は、後者の「内容理解に基づくマルチメディア検索」に移行していくと予想される。「内容理解に基づくマルチメディア検索」ではマルチメディア情報に含まれるオブジェクト（例えば人物や静物）の同定など、人手によるメタデータに依存しない検索処理の実現が期待されている。

（３）　データマイニング対象の広がり

今後１０年間を大きく 2 期（5 年後程度まで、それ以降）に分けて考える。現状から５年程度の期間では、データマイニングの応用は大量のデータを蓄積する枠組みを確立した分野や企業が先行することが予想される。現状では、データの量的拡大と質的向上に基づく展開が図られている．データの量的拡大としては、インターネット、ユビキタスネットワーク、センサネットワーク，情報家電ネットワーク等のインフラの発展に追従する形で展開が見られ、今後もこのような方向で対象が広がるであろう．またデータの質的向上に関しては、現在のデータの記録形式は主に SQL-DB に見られる表形式やテキスト形式であるが、これはデータの形式を単純な表形式やテキストで表現しているに過ぎず、今後Ｗｅｂ技術の普及と相まって、より一層意味的に構造化されたデータが利用可能になると思われるが、現状での進展の速度はあまり速くはない．方向性としては、従来の Web に加えて、XML やウェブサービスの普及が予想され、その後には、XML のタグの意味を記述するマークアップ言語やそれらを相互に利用可能とするセマンティックウェブのオントロジー技術によって、RDF、 RDFS 等の普及が予想されている．

また、これまでの適用事例などからデータマイニング技術自体の課題も顕在化してゆくものと思われる。例えば、小売店におけるレジでの販売記録データ（POS 売り上げデータ）などが収集されていても、その記録内容が現在収集されている品名や価格・カード会員 ID などであれば、それの属性情報自体の意味が乏しく、消費者が複数の商品のうちどのような種類の商品を同時に購入するかを表す確率を推測する以上の情報処理を実現することは難しい。このような問題を解決するためには、人間の購買行動をより詳細に分析し、購買記録の背後にある商品の特性や顧客の価値観などの分析技術（ユーザモデル：

人間行動の背後に存在する状態の把握）がより重要になり、そのための認知・心理的な評価構造の研究などが現在盛んに行われている。また、個人の行動に関するデータマイニングを超えて、複雑ネットワークの技術を用いたインターネット上のコミュニティ・ソーシャルネットワークに関するモデルとデータマイニングが進展することも予想される．これらの個人レベルでユーザモデルや、インターネット上でのコミュニティモデル関する推測技術が実用化されるのは基礎的な研究の期間を要するため、現在から５年程度の時間を要することが予想される．

5 年目以降の展開として、そもそもデータマイニングが扱うデータの内容そのものに変化が現れると思われる．それまでのデータマイニング技術が、コンピュータソフトウェアが自動的に取り扱い易い表データや記号的・言語的データを対象としてきたのに対して、デジタル情報家電に蓄積された動画像や音楽などの連続的な非言語データからの知識獲得が実用化すると期待される。デジタル情報家電の普及により、インターネット・パソコン上に限らず、家庭内においても多量の非言語的・パタン的デジタルデータの蓄積が進んでいる．現在、MPEG-7 のような技術標準においても非言語情報の取り扱いが規定されてはいるが、このような規格に対応する形で、動画像や音楽などの連続的な非言語データにメタデータを付随させる技術が進展するものと思われる．当初は、人手によってコンテンツに対応する言語データをコンテンツに付随させる方法が主流であろうが、画像認識・音声認識技術の進展によりコンテンツから自動的に言語的タグ情報を抽出しコンテンツに自動的に付随させる技術が進展すると思われる．これにより、ユーザ側ではインターネット、ユビキタスネットワーク、センサネットワーク，情報家電ネットワーク等の利用にあたり、より利便性が上がることが予想される。具体的には「個人により適応したサービスの発見・選択・合成・提供」、つまりユーザ１人１人が自分により合ったサービスを情報環境の中から見つけ出してきて選択を行ったり、また自分が必要とするようなサービスを、他から提供されるサービス群から合成する作業を，自分専用のパーソナルエージェントが自動的に行い、合成されたサービスをユーザに提供できるようになると予想される。

（４）　異種システム連携／分散処理

現状では、インターネット経由で多数のパソコンがサーバに接続する形で、システム全体として異種システム連携／分散処理が進展しているが、今後はこの対象が携帯情報端末（携帯電話、PDA 等） や個人・物品認証用の RFID タグ，デジタル情報家電にも広がっていくものと思われる．

今後１０年間を大きく 2 期（5 年後程度まで、それ以降）に分けて考える。今後５年間程度の期間においては、携帯情報端末・RFID タグなどの分野において、異種システム連携が Web や無線通信の標準化等によって進展することが予想される．たとえば携帯電話では，現在では携帯電話の通信事業者毎に特化したような形でサーバ上に情報サイトが用意されているが、これらの情報サイト間の差異を Web 技術が吸収するような形で相互の接続性が向上してゆくことが予想される．これは通信事業者を変更しても携帯電話の番号を継続できるナンバーポータビリティによって携帯通信事業者の変更が容易になったことの結果として、携帯電話向け情報サイト利用の相互接続性への要求が高まるだろうとの予想とも通じる．また、携帯情報端末に組み込む「組み込みソフトウェア」そのものの標準化も進展し、異種シス

テム連携／分散処理の進展につながると予想される．たとえば、大手のオペレーティングシステム開発企業による携帯情報端末用のオペレーティングシステムの開発や、オープンソース・フリーのオペレーティングシステムの組み込み系ソフトウェアへの導入が現在進められており、5 年程度の時間の後、携帯電話等の組み込み機器も何種類かのオペレーティングシステムでの標準化が進展することが予想される．また個人・物品認証用の RFID タグに関しては、複数の ID 管理団体による標準化の取り組みが急速に進められており、5 年程度の期間の後には、RFID タグに複数の標準的な規格が与えられるものと予想される．また、デジタル情報家電に関しては、すでにネットワーク経由でデジタル情報家電上のコンテンツへのアクセスが可能になっているが、それらの主に Web 技術で構築されているアクセス用インタフェースの標準化も期待される．

以上述べてきたような、携帯情報端末用のネットワーク上での情報サイトの標準化、組み込み機器のオペレーティングシステムの標準化、RFID タグの無線通信方式の標準化等の進展により、5 年目以降は従来別々に進んできた多種多様なシステム（PC、 サーバ、携帯情報端末、RFID タグ、デジタル情報家電等）の相互接続性が向上することが予想され、異種システム連携／分散処理が急激に進展するものと考えられる．すなわち、現状では相互接続性が確保されていない携帯情報端末、RFID タグ、デジタル情報家電に関する複数の並立した標準化により、異種システム連携／分散処理に必要とされるデバイス・組み込みソフトウェア・アプリケーションソフトウェアの種類が整理され、機器・ソフトウェア相互の利用可能性が急激に改善することが予想できる．これは、携帯端末用情報サイト、携帯端末用オペレーティングシステム、RFID タグ、デジタル情報家電インタフェースなどの標準化が進んだあとに期待できる効果であり、その実現には 5 年程度の時間を要するものと予想される．

4-1-3.キーテクノロジー

（１） 情報検索の高度化

Factoid 検索では、従来型の文書単位の検索技術に加えて、質問から回答として得たい情報の種類(回答タイプ)を推定する質問解析技術と、回答候補となる語句を文書から抽出するための情報抽出技術、質問内容と照合して回答候補の適合性を評価する技術が要素技術になる。(1) 文書単位の検索で質問に適合する文書集合を絞り込み、(2) 質問解析の結果に合致する回答タイプの回答候補を文書から抽出、(3) 質問内容との照合により各回答候補の適合性を評価といった順番で処理を行い、最後に回答候補を適合性の高い順に出力する。

How 検索においては操作や方法などの説明文を回答しなくてはならないため、語句にとどまらず説明文を対象とした情報抽出技術の実現が新たな課題となる。説明文を状況や操作、方法など、予め定められた種類毎に抽出し、それらを関係付けるための手法を確立しなくてはならない。

Why 検索においては、語句や説明文の情報抽出技術に加えて、質問内容と情報抽出結果の因果関係などを推定するための推論技術の開発が新たに必要になる。そのために、文書中の情報を用いた推論モデルの確立、推論の背景となる知識ベースの構築などが求められる。

自動レポート生成においては言語解析や一般常識などを用いて、回答の内容に応じてテキストや表な

どのユーザにとって都合のよい形式で情報を提示する、複数の情報源からの回答の重複や矛盾の解消を行うための技術開発が求められる。

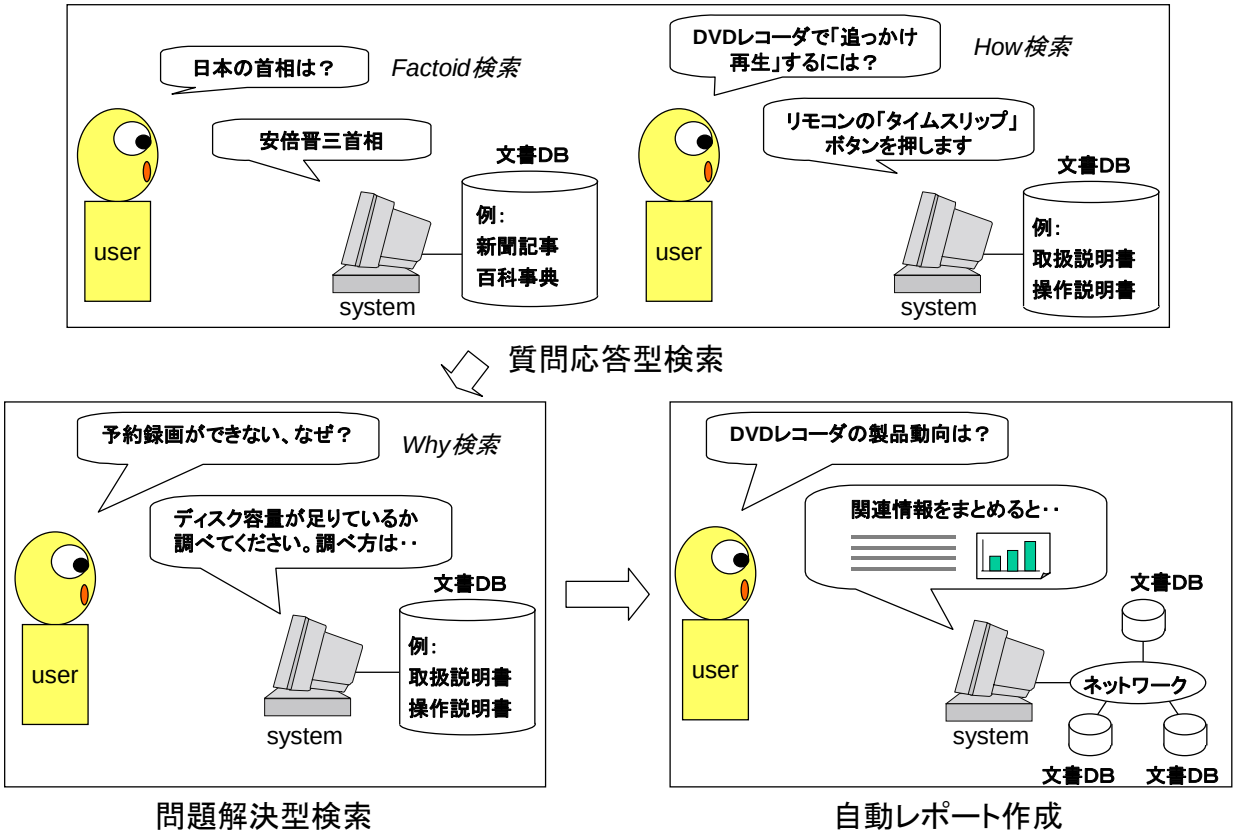


図４－１　情報検索の高度化

（２）情報検索対象の広がり

「言語間に跨るテキスト検索」は言語横断検索とも呼ばれ、盛んに研究開発が行われている。検索要求を検索対象の言語に合わせて翻訳するアプローチと検索対象の文書を予め想定ユーザの言語に合わせて翻訳しておくアプローチに大別されるが、後者は翻訳処理量が多く、かつ、ユーザの言語が予めわかっている必要があるので、現在は前者のアプローチが主流になっている。また、検索処理本体の技術開発の他に、複数言語間の関係の記述も備えた多言語オントロジー（言語知識）を処理基盤として整備することが重要と考えられる。このようなオントロジーの整備を人手で行うと多大なコストがかかることから、大量のテキストデータの事例（コーパス）から同義語・類義語・対義語・上位語・下位語などの知識、および、複数言語間の語の対応関係を自動獲得するための研究開発が行われている。

マルチメディア情報の検索に関しては、「メタデータに基づくマルチメディア検索」では時間区間などの文書にないマルチメディア固有の構造を取り扱うための技術開発が課題となる。その中では検索要求に適した検索単位の決定（例えば、検索要求に適合したシーンの切り出し）やメタデータの構造を利用した適合性の判断（例えば、着目しているシーンの話題を映像全体のメタデータも利用して判断）な

どの技術を開発する必要がある。「内容理解に基づくマルチメディア検索」では、音声やテロップの認識、映像に対するシーンのようなマルチメディア構造の自動検出、画像や映像中のオブジェクトの同定や情景の分類といった技術を組み合わせて、検索のためのメタデータを自動生成することが課題となる。特定の種類のコンテンツに依存しないことや、多様な検索要求に対応できるように膨大な種類のオブジェクトの同定や情景の分類などを実現することが求められている。

（3）データマイニング対象の広がり

データマイニングを量的・質的に発展させるテクノロジーの軸としては、1）確率統計的知識抽出のための計算力の向上 2）意味的情報処理能力向上ための推論技術の進展 3）データの意味的表現の導入によるモデルの精度向上 4）プライバシ保護技術の進展による社会的浸透度、などが挙げられる。1）2）に関しては、単に高速なプロセッサやネットワークが出現するだけでは不十分であり、1）に関しては確率的推論、2）に関しては意味的推論といった情報処理のアルゴリズムそのものの進展が必要となる。これらの分野は現時点でも、データマイニング・マシンラーニング・人工知能・エージェントなどの研究分野において盛んに研究が進められており、着実な量的拡大（すなわち計算速度の向上）とともに質的発展が進んでいる。3）は主に Web・エージェント技術の発展により、元データに意味的なメタデータが付加されることにより、データマイニングの質的発展が図られるものである。4）はプライバシ保護技術の発展により、市民・生活者のデータをプライバシの侵害の恐れが少ない方法で利用可能にすることであり、データマイニング技術の一層の社会的普及に寄与するものである。

（4）異種システム連携／分散処理

異種システム連携／分散処理を実現するためのキーテクノロジーは、ネットワーク通信におけるデータ形式の標準化、組み込みデバイスの基盤ソフトウェアの標準化、個人認証タグの無線通信の標準化、ネットワーク経由でのデジタル情報家電機器へのアクセスの Web による標準化等の技術が上げられる．通信におけるデータ形式の標準化に関しては、インターネットと同様に、その言語記述系としての XML、RDF、 RDFS の形式の採用であり、これらの進展が標準言語としての普及の鍵となる。同時にその処理系とは、XML パーザをはじめとする標準言語の解釈・実行を行うソフトウェアであり、その高速化ならびに計算資源・電源の低消費率に加えて、パソコンのみならず携帯情報端末、さらにはより微細・小型のデバイスへの普及が鍵となる。現状では組み込みデバイスにおける XML 等の利用は、携帯電話等のハードウェアの情報処理能力の問題から進んでいないが、今後の携帯情報端末のハードウェア能力の向上により、急速に進む可能性もある．組み込みデバイスの基盤ソフトウェア（特にオペレーティングシステム）に関しては、先に述べたように携帯情報端末向けの複数の標準プロジェクトが進展中であり、今後 10 年ほどの期間でいくつかの標準に収束してゆくものと思われる．RFID タグの無線通信の標準化に関しては、国内外の複数の団体が標準化作業を進めており、１０年ほどの期間でいくつかの標準に収束される可能性があるが．デジタル情報家電に関しては、エコーネット（Echonet），DLNA 等の標準化の取り組みが現在進行中であり、その成果が待たれる．

4-2.ネットワーク相互接続

4-2-1.技術の現状

PC のインターネット接続に端を発した IP ネットワークが、PC 以外の情報家電機器に広がり始めている。デジタル TV や DVD レコーダなどの AV 機器に Ethernet インタフェースが搭載されるほか、携帯用ゲーム機に無線 LAN インタフェースが搭載されるなど、IP ネットワークに接続可能な情報家電機器が急激に増加している。情報家電機器同士の相互接続ガイドラインである DLNA (Digital Living Network Alliance) は、2006 年 3 月に拡張(expanded)ガイドラインが公開されたが、初版ではプレーヤ（表示機器）とサーバ（蓄積機器）のみだった対象機器がモバイル機器、プリンタなどを含めて大幅に増えており、宅内の情報家電機器同士の相互接続方式の有力候補となっている。また、家庭内の簡易セキュリティ用途に向けて、Ethernet や無線 LAN に接続可能な比較的安価な Web カメラ製品が出始めており、UPnP(Universal Plug and Play)を使って簡単設定を実現している。今のところ PC への接続が中心だが、今後はデジタル TV や DVD レコーダなどとの相互接続が求められると思われる。一方、白物家電のコントロール系が主体の ECHONET では、インタフェースのみ実装しておく規格もでき、市場への早期浸透を試みている。長い視点で見て相互接続を考えると、IP ネットワークで相互接続されるという考え方もあるが、一方で ECHONET などのように、機器の実装コストを考え、できるだけ機器の価格に影響を与えない形を追求する必要もあり、いくつかのアプローチが存在するであろう。

4-2-2.今後の見通しと課題

ホームネットワークは、そのネットワークを構成する情報家電として、現在大きく、暮らし家電、AV 系家電、PC 系家電に分かれて、それぞれのドメインで進展してきている。これらを相互に接続することは、ユーザベネフィットの観点から非常に重要である。さらに、これらの情報家電機器が、宅外からもアクセスできたり、携帯電話や車載機器とも相互接続されることで、ユーザにとってユビキタスにサービスやコンテンツを享受可能なネットワークが実現されていく。

例えば、テレビで洗濯機の稼動が終了したことがわかったり、他の部屋に寝かしつけている子供に異常がないか監視しておいたり、家への来訪者に外出先にてリアルタイムで対応できたり、帰宅する少し前にエアコンを入れておいたりすることができれば、生活が便利になる。

また、今後はセンサをネットワークで接続して連携することにより、例えば人がいる場所を特定し、きめ細やかなエアコンや照明の制御を行って省エネを実現したり、侵入者を検出して防犯を実現するなどのアプリケーションが実現されると考えられる。このためには、前述の情報家電系のネットワークにセンサネットワークを相互接続することが課題となる。

これらの実現は、主として共通のインタフェースを有したミドルウェアによって行われることになる。このミドルウェアは、個々の情報家電機器に実装される他、宅外との接続を司るホームゲートウェイに実装される例も考えられる。また、この相互接続において、プラグアンドプレイで接続でき、コンテンツやサービスの権利を、機器を渡って機器を意識することなく享受できるプラグアンドサービスを実現することで、簡単にサービスを受けられる情報家電ネットワークの構築が可能でなければならない。

さらに、ユーザの保有するネットワーク機器のリソースを有効に活用する分散協調制御を実現することで、ユーザが機器個別に制御を行うことなく、機器／デバイスの状態がマッピング／管理され、ユーザの目的を達成できるようなネットワークへと進化していく。また、IP 接続や非 IP 接続の機器も含めて、機器の位置や状態により、ネットワークを自動的に再構築し、伝送速度やセキュリティレベルに応じたネットワークに自らの接続を更新していくリコンフィギュアラブルネットワークを実現することで、常に快適なネットワークをユーザが維持できるように発展していく。

IEEE1394 の AV/C (Audio Video/Control) コマンドは、非常にシンプルな構成になっており、また伝送の際のオーバヘッドも小さい。さらにホストとなる機器を設けることなく、ネットワークを構成することができる長所を有する。しかし、AV/C コマンドはシンプルな構成をとっているため、専用リモコンで制御できるすべての操作を実行できない、あるいは異なる IEEE1394 ネットワーク間をブリッジして映像ストリーム、制御コマンドなどの送受信ができないなどの短所も有する。

ECHONET においては、機器が接続されると、機器の動作状態を含めて自動的に機器検出が行われ、制御可能な機器の情報をリアルタイムに知ることができる。また、機器の状態が変化したことを通知する機能を備え、通知された情報を元に機器間の連携動作を行うことができるなどの長所があるが、機器のネットワークへの接続を許可してよいかどうかを判断する機構が十分でない。また、ECHONET オブジェクトの定義の中で、機器の種類やプロパティの値の定義をあらかじめすべて決めておく必要があり、新しい種類の機器が出てきた場合の拡張性や自由度が低いという課題もある。セキュリティに関しては、認証機能と共通鍵暗号化機能が規定されているが、鍵の設定管理方法の簡単化が課題である。

一方で、情報家電の IP 化が進んでいく。IP アドレスの枯渇問題などを解決するために、IPv6 化する必要に迫られるが、IPv6 の 128bit の IP アドレスを人手で設定管理することは非常に困難であり、宅内間あるいは宅外からの通信において、宅内機器に対する名前と IP アドレスの対応付けを誰がどのように管理するのか(インターネット上の DNS(Domain Name System)でどこまで管理するのか)は、システム上の課題である。

セキュリティモデルに関しては、IPv6 のセキュリティとして IPsec が規定されているが、IPsec だけでセキュリティ性能や相互接続性の確保が可能かどうかの議論は必要であろう。処理負荷に関しては、IPsec の暗号処理の負荷が大きいという評価もあり、低価格な機器や高速な伝送が必要な機器にとって、IPsec は十分なものか評価する必要があろう。

QoS(Quality of Service)に関しては、トラフィッククラス、フローラベルが規定されているが、この使い方については、設定値に対する QoS 処理の内容や帯域の保証も含めて、よく吟味する必要がある。また、宅内間の通信で、QoS 非対応の機器が混在した場合や無線などの異なるメディアを経由する場合の保証、宅外とのストリーム送受信などで、インターネットとの連携方法も課題である。

プラグアンドプレイに関しては、IPv6 で現状規定されているのは、IP アドレスの自動設定やデフォルトルータの設定までである。その他については、プラグアンドプレイをどのように実現するのか課題である。特に、機器検索やサービス発見を UPnP などのミドルウェアで行うのか、IPv6 の Zero-Config 機能拡張で行うのかも、システム上評価分析が必要である。

IPv4 から IPv6 への移行に関しては、移行期にはホームネットワーク内に IPv4 の機器と IPv6 の機器が混在する環境となる。この時、宅外との通信を IPv4 あるいは IPv6 で一本化するのか、IPv4 と IPv6 を切り替えて行うのか、モデルが決まっていない。また、宅内の IPv4 機器と IPv6 機器が通信を行う場合に､デュアルスタック対応によるコスト的な課題､通信相手の機器が IPv4 か IPv6 かわからないので、つながるまでの時間が遅くなるなどの課題がある。

IP 化が進む上で、現在は下位層として Ethernet や無線 LAN(IEEE802.11a/b/g)が主流であるが、今後は宅内に既に存在する配線インフラ活用できる方式として、電力線を使用した PLC（Power Line Communications）や、同軸ケーブルを利用した c.LINK が増えてくると予想される。このため、これらの異なる方式の間で、QoS を含めた物理層、データリンク層の相互接続を実現することが課題となる。

4-2-3.キーテクノロジー

AV/C、ECHONET、UPnP の間のプラグアンドプレイはもちろんのこと、セキュリティまで配慮した相互接続が今後必要になる。さらに、コンテンツサービスのアプリケーションでは、コンテンツ保護の仕組みも配慮した相互接続が必要となる。このときキーになるのは、相互接続ミドルウェアの構築である。この際に、プロトコル変換、コマンド変換の方式がミドルウェアの実装によって異なると、ユーザが同じ機能を利用しようとした場合に、機器の挙動が違ってしまう可能性が生ずる。これを防ぐために、相互接続ミドルウェアの仕様を規格化する必要がある。また、ミドルウェアの実際の動作を検証し、認証する体制も併せて必要となる。一方、サービスとの機能連携を考慮すると、プラグアンドプレイのような機器認識までのレベルではなく、機器の使用に対して、表示機器の属性に合わせたコンテンツの配信ができるようになることも期待される。

宅外では、移動体と宅内の通信が問題となる。特に、移動体の速度とコンテンツの帯域確保の管理が重要になる。ユーザベネフィットの観点からは、車や携帯電話と宅内機器とのネットワーク連携は必須であり、車や携帯電話や宅内機器との統合化されたコンテンツ管理技術など、非常に重要な技術の構築がなされていく。このとき、コンテンツの権利を移動できるような技術やコンテンツのフォーマットを相互に変換できる技術を実現すれば、ネットワークによる機器の制御のみならず、ユビキタスにネットワークコンテンツを享受することが可能になる。

このようにネットワークにつながるホーム機器が増えてくると、それらを分散協調制御する動きが期待されるようになる。例えば、残容量が少ないホームサーバ機器への録画において、ネットワーク経由で残容量に余裕のある機器にユーザが意識せずとも録画できたりするような制御である。さらにこれらの技術が進む頃には、ネットワークインタフェイスとして、無線も含めて複数の物理層を持ち合わせるようになることが期待される。そのために、ネットワークを自ら再構成してネットワーク帯域の制限などを制御し、様々に構築される高速ネットワークの帯域を統合的に管理する技術、自ら都合のよいネットワークパラメータなどの自動設定技術、セキュリティ境界を段階的にフレキシブルに設定する技術などにより形成される、リコンフィギュアラブルネットワークへと進展していくことになろう。

4-3.組込みＯＳ

4-3-1.技術の現状

組込みOSの分野では、主に産業用に使われてきたリアルタイムOSが今までは主体であり、国内はμItron、海外はVxWorksがトップシェアである。これらのOSは、“リアルタイム性を保障する”、“8bit、16bitマイコン上の少ないリソースで動作する”ことが大きな特徴で、それまでのOSを使わない組込み機器のソフトウェア開発のスタイルを大きく変化させた。

しかしながら、従来のH/Wを中心とした機器の基本性能をより高くする「高性能化」の競争軸に加え、最近はスタンドアロンではなく外部と情報をやり取りする「ネットワーク化」の競争軸、およびそれに付随して「セキュリティ」の競争軸が機器開発には必要とされている。この三つの競争軸を背景に、CPUはより処理能力の高い 32bitCPU となり、広大なメモリアドレス空間を管理するために MMU(Memory Management Unit)を持つに至った。組込みOSも同様に、MMUによるメモリプロテクション機能を駆使して、複雑なGUIアプリケーション開発を支援し、またバグのあるアプリケーションや悪意ある攻撃から自らを守る機能を持つノンリアルタイム型高機能OSが登場するに至った。これらのOSは、スケジューリング、メモリ管理などの OS の基本機能以外に、ファイルシステム、ネットワークスタック、グラフィックシステムなどの多くの機能を統合的に提供している。

これらの高機能OSの例として、PDAのために開発されたとされるWindowsCEやSymbianなどが挙げられる。実際WindowsCEは、PDAだけでなくTVや携帯電話に搭載され、またSymbianも、携帯電話の中でシェアを着実に拡大しつつある。また近年は、PC用のOSとして生まれたオープンソースOSであるLinuxの組込み用途への適用が大きな流れとなっている。2003年末に登場したバージョン2.6系のLinuxは、リアルタイム性の強化などが行われており、組込みへの適用がしやすくなってきた。現在は、Linuxを搭載した携帯電話、AV機器などの情報家電製品が各社から出荷されている。コンシューマ機器メーカを中心とした組込み Linux 関連団体である CE Linux Forum において、これまで不得意とされてきたリアルタイム処理の改善や、低消費電力処理、起動時間短縮などの開発が進んでいる。一方、従来型のリアルタイムOSについても、たとえばμItronはT-Engineソリューションの中で、VxWorksは2004年にリリースされたバージョン6.0において、メモリプロテクション機能のサポートを開始しており、今後は、組込みOSの機能面では着実に差がなくなる方向に進んでいくと考えられる。

4-3-2.今後の見通しと課題

今後組込み OS は、先に述べた「高性能化」、「ネットワーク化」、「セキュリティ」の三つの競争軸にそった機能面・性能面での拡張が進む。「高性能化」の軸では、情報家電機器に対する高機能、高性能要求の高まりに応えるために、「リアルタイム性能」、「マルチCPU対応」が、「ネットワーク化」の軸では、現在のようなプロトコルスタック単体での機能提供ではなく、複数の機器間で協調して処理を行うしくみを提供する「分散協調機能のサポート」が、「セキュリティ」の軸では、ネットワークに機器を接続する際の外部からの悪意ある攻撃に対する「攻撃耐性強化」と、機器を接続してサービスを受ける際に必要な認証機能を実現するための「認証デバイスサポート」が、今後重要な分野となる。これら評

価パラメータに対する機能・性能の改善は、従来型リアルタイム OS およびノンリアルタイム型高機能 OS の両方で進められていくと思われ、機能・性能の両面において、今後は両者の差が小さくなると思われる。

「リアルタイム性能」においては、2007 年頃にはノンリアルタイム型高機能 OS が、従来リアルタイム OS 並みの「μsec オーダのリアルタイム性」を実現し、その後 2009 年以降は「μsec 以下のリアルタイム性」を実現すると思われる。

また、情報家電機器におけるマルチメディア機能の充実に伴い、マルチコアの SoC (System On a Chip) を搭載する機器が増加するため、今後は、複数の CPU を用いて効率的に並列処理を行うための「マルチ CPU 対応」が重要となる。2007 年の頃には複数の CPU に対して動的にタスクの割り当てを行う機能を実現し、2009 年には複数の CPU 上で複数の異なる仮想マシンを実行する機能を提供するに至る。リアルタイム性能向上と併せて、家電製品においても、音声認識や生体認識などの重たい情報処理を可能とし、より自然なユーザインタフェースとともに、PC と同等の高機能なアプリケーションを享受できることになる。

一方、2011 年頃までには情報家電の「ネットワーク化」が進む結果、いろいろなものが簡単につながって複合的なサービスを期待できるユビキタスな環境が出現し、それに対応して新たな要求が発生する。「ネットワーク分散協調機能」、「攻撃耐性強化」、「認証デバイスサポート」などである。特に分散協調機能については、かなり早い時点で OS のサポートを要求される。CPU の処理能力を、「ネットワーク化」を基盤に分散処理によって確保することにより、単一の CPU 性能競争は意味を無くす。この場合、OS に依存せずにネットワーク自体がプラットフォーム化する。これを実現するためには、単なるリソース分散だけでなく、異なる CPU アーキテクチャかつ異なる OS 間で、処理を分散させることのできる仕組みの開発が課題となる。

また、情報家電機器をインターネットに接続してサービスを享受するために、PC と同等レベルのセキュリティが求められるようになる。2007 年にはアクセス制限を用いた外部からの「攻撃耐性強化」が行われるようになり、2010 年には仮想化技術を用いることにより、OS そのものを隠蔽する機能が組込み OS においても実現する。一方で、インターネットサービスにおけるパーソナライズの進行に伴い、情報家電機器においても、より強固な個人認証が求められるようになる。OS としては、指紋認証を始めとしたバイオメトリクス認証用デバイスのサポートが必要となる。デバイスのサポートは、バイオメトリクス認証のトレンドにフォローアップする形で進行し、2016 年には DNA 認証デバイスのサポートも実現するであろう。

なお、情報家電においては、CPU+組込み OS は、PC のように Intel x86＋Microsoft Windows のような 2 社寡占状態に収束することは想定できない。なぜなら PC は、エンドユーザにとっては用途に応じた、PC アプリケーションソフトウェアを使うことが目的である。その目的のためには、CPU や OS は統一されることがベストである。しかしながら情報家電は、購入した機器を使うことが目的である。その目的のためには、CPU と OS の統一はかならずしもユーザメリットにはならない。ただし、CPU が 8bit、16bit、32bit と処理速度が上がるにつれ、アーキテクチャ数が減っているのと同様に、組込み OS についても数

年前の数百という種類から一桁台に収束しているのも事実である。最終的には、機器は数種類の CPU と数種類の組込み OS の組み合わせで構成されるであろう。そして、その段階においては、Intel x86＋Microsoft Windows も分散ネットワークにおける単なる一つの組み合わせとなるに過ぎない。

4-3-3.キーテクノロジー

「高性能化」に対応するキーテクノロジーは、オーソドックスな「リアルタイム性」向上技術である。リアルタイムとは、機器として、ある処理を実行する必要性が発生してから実際に実行されるまでの遅延時間を保証することである。たとえば、自動車であれば「ブレーキが踏まれた→アンチロックブレーキが動作する」までの最長時間は、車体重量、最高速度、路面状況などから決まる値である。この値が 0.5 秒であれば、確率的に 0.5 秒以下であるということではなく、いかなる場合でも 0.5 秒以下であることを意味する。これを保証するためには、CPU の割込みをマスクしている時間、割込みが入って必要なプログラムがスケジューリングされる時間、スケジューリングされたプログラムが実際に実行される時間、実際に実行されている間に他のプログラムが割り込んでくる時間などを、CPU が持つタイマーを最優先にして、厳しく管理する必要がある。このための仕組みを OS が持っているものをリアルタイム OS、持たないものを単に組込み OS と使い分けてきた。先に述べてきたように、CPU の処理能力の向上に合わせ「確率的擬似リアルタイム性」ですむ分野から、「ネットワーク化」のユーザニーズに対応した組込み OS の台頭が注目されているが、今後の対応が必要な技術である。

「高性能化」に対応するもう一つのキーテクノロジーは、「マルチ CPU 対応」技術である。元々はハイエンドサーバなどで、複数のプロセッサを用いて分散処理を行うために使われているが、デジタル TV などによる HD 映像コンテンツの再生や、ビデオゲーム機における高精細アニメーションなどを実現するために、マルチコアの SoC を用いることが一般化する中で、今後重要となる技術である。特定のタスクを特定のコアに割り振る非対称なマルチプロセッシングに対して、タスクを動的にコアに割り振る対称なマルチプロセッシング（SMP）を行うことで、CPU 使用効率の向上を図る。

「ネットワーク化」によって、従来型の ＯＳからミドルウェア、アプリケーションまですべてを垂直統合した機器単体ソフトウェアから、分散協調動作により、異なるミドルウェアやアプリケーションを動かす必要がでてくる。これを実現するキーとなる技術が「ネットワーク機器協調サポート」である。従来のように、OS としてのネットワーク機能のサポートをネットワーク層までではなく、上位層の分散協調プロトコルまで含めて OS で実現し、共通の上位インタフェースを提供する。

「セキュリティ」を支えるキーテクノロジーは、「メモリプロテクション」利用技術である。メモリプロテクションとは、CPU のメモリ空間を仮想的に管理する MMU の機能を OS がサポートし、OS が動作するカーネル空間とアプリケーションのプロセスが動作するユーザ空間を物理的に分離し、さらにプロセスごとのメモリ管理を可能とする機能である。本機能により、PC では標準的なプロセス型アプリケーションソフトウェア開発が組込み機器でも可能となり、特定のアプリケーションのバクによる暴走、またはユーザがダウンロードした悪意あるプログラムから、特定プロセスとして作られたユーザデータを保護することが可能になる。この次のステップとしては、「セキュア VM(Virtual Machine)」技術がある。

従来の OS を、セキュリティ機能を強化した仮想マシン上で動作させることによって、OS を外部から隠蔽してセキュリティを向上する。

5. デバイス・機器

5-1. ホームサーバ

5-1-1. 技術の現状

地上デジタル TV 放送のハイビジョンデジタルサービスの普及に伴い、大容量のハードディスクや光ディスク（DVD、BD、HD-DVD）を備えた TV 番組の録画装置が家庭に普及している。　また、CD やダウンロードした音楽コンテンツや映像を大量に蓄積・再生してパーソナルで楽しむ携帯用のモバイル AV プレーヤーも普及してきた。

蓄積メディアの大容量化、ビット単価の下落、アクセススピードの高速化は今後一層進むと予想されるが、その進展に合わせ蓄積再生装置は VTR やカセットプレーヤーの代替機器という位置づけから、家庭のホームサーバやパーソナルユースのポケットサーバーに発展していくと見込まれる。

特に、デジタル放送受信機能、インターネット接続機能、パッケージメディア再生機能まで備えたコンシューマ向けホームサーバは、ブロードバンドの普及により放送事業者、通信事業者、コンテンツホルダーの提供する高画質映像のネット配信サービスの受信プラットフォームの役割を担い、情報家電発展の中心となる新しい情報機器へと変化を遂げていくと考えられる。技術的には、記録メディア、CODEC、システム LSI の高性能化が、その進化を支えている。

ハードディスク、半導体メモリ、光ディスクの大容量化が飛躍的に進み、無料放送全チャンネルの週／月、さらには年単位の全チャンネル無料放送録画、コンテンツのネット配信が現実のものになると、ユーザビリティの観点からは新たな技術が重要になってくる。

それは、膨大なコンテンツの中から欲しいものを適切に選び出し有効に利用する技術である。

5-1-2. 今後の見通しと課題

大量のコンテンツが自由に閲覧できるようになったとしても、利用者には全てを視聴する時間はない。膨大な情報から自分の欲しい情報にすばやく正確にアクセスする技術、中身を短時間で確認できるような技術が求められる。例えば、スポーツ番組ならば、ハイライトシーンだけを取りこぼし無く抽出する技術、コンテンツの概略を自動抽出する技術などが必要となる。既に市場には、一部の機能を備えたものが出回っているが、今後爆発的に増大するコンテンツを自由自在に操るには、飛躍的な技術の進歩が必要である。

見たいコンテンツが明確で TV 番組や映画のようにタイトルも分かっている場合は、簡単なテキスト検索で番組アクセスは容易である。

しかし、膨大なコンテンツから見たいものを探す作業は簡単ではない。視聴者は見たいコンテンツを明確にイメージできている場合は少なく、一部または要約をみて判断することが多いからである。放送のように構成がしっかりしている場合数十番組程度であれば、次々とチャンネルをリモコンで切り替え

ながら番組を確認する方法、いわゆるザッピングしながら好みのものを見つける場合が多い。しかし、膨大なコンテンツが存在する場合はザッピングは不可能で、所望のコンテンツに確実にたどり着くための技術が必要不可欠になる。

上記のニーズで重要な役割を担うと期待されるのがメタデータである。既に、メタデータの標準化については作業が終わっているが、実際には本格的なサービスは始まっていない。メタデータによって利益を生み出す有望なビジネスモデルを生み出せていないのが一因である。詳細なメタデータを付加してもコンテンツを高く売れる可能性がなければコストを回収できないため積極的な対応をすることができないわけである。また、要約などが簡単に見られるような仕組みや、コマーシャルを自動的にカットできるような仕掛けはサービス提供者のビジネスモデルや制作者の意図とは異なる方向になることから実行ができないのである。

ユーザの利便性と事業者の考えるメタデータビジネスに乖離があれば普及は望めない。メタデータ付与の起爆剤として期待されていたサーバ型放送は規格ができたもののサービスは実現されていないが、有望なビジネスモデル構築が難しいことも一因と思われる。このような状況ではメタデータがコンテンツに普通に付与されてくるということは当面困難と考えられる。

結局、ユーザ側に便利となる仕組みや、重要情報を探す仕組みは、サービス側に全てを期待することに無理があり、ホームサーバに一部の機能を持たせることが重要になってくる。

コンテンツの認識理解を自動的に行い、対話機能による利用者の意図理解、ユーザの嗜好解析とレコメンデーション、その時々の心理や体調などを考慮したコンテンツ提供は夢のホームサーバのキラーアプリになると考えられるが、そこにいたるまでの研究開発のステップは次のようになると考えられる。

ステップ１

現状、EPG（電子番組表）が広く利用されているメタデータのひとつである。また、クローズドキャプションやビデオ映像内の文字認識により、テキスト検索を有効に活用する方法が今後、実用化されていくと考えられる。視聴履歴やリモコンの操作履歴から視聴者の好みのコンテンツを推定紹介するレコメンデーションの機能も使われ始めている。

さらに、コンテンツ中のシーンの切り替わりを映像や音で認識抽出して、サッカーのゴールシーンを集めたサッカーダイジェスト、同様に取り組み部分だけを集めた相撲ダイジェスト、投球打席シーンのみ集めた野球ダイジェストなどのように、分野を特定して要約を見るような機能についても実用化が進んでいる。

ただし、今の段階のレコメンデーション機能、検索機能ともに、付加機能の域を超えておらずそれがキラーアプリとなって製品間の優劣を決める状況には至っていない。よりユーザが飛躍的新しさを感じるようなさらなる高度化が必要不可欠である。

ステップ２

本節の冒頭で述べたように、メタデータの充実は、ビジネスモデルの不明確さがあって普及が遅れて

いる。逆にビジネスモデルが明確になった場合、それが必ずしもユーザの利便性にはつながらない可能性もある。今後の一つの可能性として、ユーザ側からの仕組みの提供があげられる。すなわち、フォークソノミー（folksonomy：インターネットコミュニティーの中で創造されたタグ付けシステム）とビジネス志向のメタデータとの連携技術が使われるようになる可能性がある。これはとりもなおさず、社会動向が反映された検索システムとも位置づけられる。

コンテンツの構造解析もこの時期になると技術が進み、単純なシーンチェンジや音声パワー解析による盛り上がり検出を脱却、分野ごとに様々なモデルが提案され、応用分野が広がっていくと考えられる。

以上のような技術が進む中、著作権処理の問題などの法律問題も整備され、デジタル放送、IP 放送、Web 動画など数多くのコンテンツにアクセスでき、リーズナブルな対価を支払うことで二次利用ができる道も開けることが期待され、視聴者が一定の制約のもとで扱えるコンテンツの数が飛躍的に増大すると考えられる。

一方、アクセス可能なコンテンツの数が飛躍的に増えると一般ユーザは好みのものを検索することが困難になる。そのとき、メタデータ、視聴履歴による嗜好解析、社会動向を反映させた形で適切にレコメンデーションする技術がアンビエントファインダビリティ検索である。

ステップ３

夢の技術として、コンテンツ解析を自動的に行い意味や意図を抽出し、そのときの視聴者の状況に応じて最適のコンテンツを選んでくれるシステムの実現が望まれる。さらにそのシステムは視聴者との対話機能を備え、ユーザ意図を理解し適切なコンテンツを選んでくれるようなシステムである。その夢のシステムはコンテンツ・コンシェルジュ（案内人）というべきものあろう。

技術以外のステップ３までの共通の課題として、メタデータの充実、ビジネスモデル、コンテンツの二次利用など著作権問題など、仕組みの問題があげられる。また、検索システムやそれにまつわるビジネスがグーグルなどに席巻されつつある中、日本発の検索システムをいち早く開発することも重要な課題となり得る。この点については 2007 年度から開始される経済産業省「情報大航海プロジェクト」の成果が待たれるところである。

5-1-3. キーテクノロジー

今後、家庭内で中心的な役割を担うと目されるホームサーバを開発するための基盤技術は、大容量・高速アクセス可能な蓄積デバイス、トランスコード、解像度変換などメディア変換技術、蓄積管理技術、シーン認識、要約、画像認識理解、音声認識理解、自然言語理解、可視化技術、高速ブラウジング、著作権保護技術、コンテンツ解析編集技術、ユーザインタフェース技術などである。

それらをアンビエント検索技術、コンテンツ・コンシェルジュ技術のコンセプトで纏め上げることが求められている。

5-2.センサ／スマートタグ

5-2-1.技術の現状

センサネットワークを実現するための無線センサノードを販売する企業は当初米 Crossbow のみであったが、現在では、日立製作所、三菱電機、日本電気、沖電気などの企業が新規参入している。現在機能にもよるが、センサノード1台あたり 100 ドル程度で販売されている。センサネットワーク市場の第一段階の目標として軍事利用や産業プラント管理などでの利用が目されて、研究目的や実証実験目的の成果があげられてきたが、ついに、2006 年には、国内において大規模なプラント管理での実使用が開始された。これを可能としたのが、2004 年に入り、無線センサネットワークの無線通信機構の標準として策定された２．4G 帯を使用し、スロット方式の CSMA 通信を採用した ZigBee（802.15.4）と、超低電力なノード制御の技術である。これにより、4 年以上の電池寿命が可能となり、実用化が可能となった。今後様々な領域でのセンサネットワークの利用が促進されることが予想される。

スマートタグ技術は、既に特定領域での利用は行われており、技術的には実用化の域に達した面もある。例えばペットの管理、ファクトリオートメーション、運輸関係では実際に使用されている事例が存在する。しかしながらスマートタグの利用はあくまでも特定領域での使用に限られており、サプライチェーンマネージメント、社会基盤レベルでの障害者サポート、食品トレーサビリティへの利用は依然として導入には大きな障壁がある。そのボトルネックとなっているのが情報基盤と社会基盤の問題である。今後は情報基盤と社会基盤の整備が進められると同時に、横断的なスマートタグを利用したサービスが生まれてくると想定される。

5-2-2.今後の見通しと課題

センサネットワーク技術は、スマートタグ技術の初期と同様に徐々に特定領域への市場展開がされていくと考えられる。現在市場展開が注目されている領域として、軍事利用と工場プラントなどでの遠隔監視などが期待されており、既に実際に導入されて実稼働を開始している。

センサネットワークでは、ノードの数が膨大であるため、電池などの交換ができない。そのため、バッテリ駆動で数年単位の動作をすることができる低消費電力技術が求められる。特に無線通信はこれまで高速化が主な研究開発のターゲットであったが、低消費電力な通信技術が実用的なレベルに達した。キー技術となっているのが ZigBee であるが、ZigBee はスター型の通信形態では低消費電力で動作するものの、メッシュ型の通信形態では消費電力がより大きくなるが、きめ細かなノードの制御技術で実用的な領域に達した。今後は、プラントだけでなく、幅広い人のセンシングに使える技術の確立が求められる。

センサノードの価格は、現在 10,000 円（100 ドル）程度であるが、短期的な目標としてはまず、1,000 円以下での実現が求められる。現在技術的には適応可能な領域に対しても、センサノードの単価が高価であり、かつ必要なセンサノードの数が膨大であるため導入が見送られている。さらに、将来的な一般家庭のセキュリティや水質管理、家電の制御などへの応用を考えると 10 年以内に 10 円以下で実現可能になることが期待される。低コスト化の極限では、使い捨てノードが可能となり、この技術の適用範囲

は爆発的に広がると期待される。このためには、無線通信などの個々の要素技術を確立すると共に SoC（System On a Chip）などの技術によって複数の機能を１チップ化する技術が必須となる。

スマートタグは現在ペットの管理や運送関係などの特定領域では既に実用化されている。しかしながら、サプライチェーンマネージメントや商品トレーサビリティなどの複数システムの横断的なサービスは実現されていない。その大きな原因として情報基盤と社会基盤の整備がまだ済んでいないという問題が存在する。情報基盤としてはタグ ID とタグ ID に関する情報を結びつけるための技術の研究開発が急務である。これに向けた技術として EPCglobal の ONS（Object Name Service）やユビキタス ID センターの ucode 解決サーバといった技術が検討されているが未だ世界的な標準とはなっていない。スマートタグでは管理する ID の数が膨大であるため、DNS といった既存の分散システムではスケーラビリティの観点から対応が難しいことが予想され、今注目されている DHT（分散ハッシュテーブル）などの新しい技術が必要となる可能性がある。社会基盤の整備としては使用可能な周波数、アドレス体系などの標準化による互換性の実現やプライバシに関するガイドラインの制定などを行わなければならない。

これに加え、将来的にスマートタグが高機能化されることが予想される。例えば温度センサを具備したスマートタグをワインに付与することでワインの流通管理と品質管理を同時に行うことができるようになる。このような技術はセンサネットワーク技術の一部であり、最終的にはセンサネットワーク技術とスマートタグ技術が統合されていくことが予想される。

センサネットワーク技術は要素技術が確立されるにつれて徐々に特定領域での利用が行われていくと考えられる。それと平行し、スマートタグを中心としてセンサネットワークを含めた社会基盤の整備を実現することでより広範なサービスを生む礎となる。

5-2-3.キーテクノロジー

センサネットワークを実現するためのキーテクノロジーとして、(a)低消費電力無線通信技術、(b)センサノードに対するネーミングなども含めたデータ管理技術、(c)センサノードの位置同定技術、(d)電源技術、(e)小型化技術、(f)セキュリティ技術が挙げられる。

a）低消費電力技術の実現のための鍵となるのは、プラントや人装着などの使用形態に特化した、統合的な低電力技術である。センシング、コンピューテーション、無線通信、システムアーキテクチャ、データ管理、データ処理などの複数の技術レイヤに跨る最適化を行うことが求められる。従来、それぞれ技術レイヤの専門家が、レイヤ内で努力することが多かったがそれでは効果は限定的である。これらを縦断的に見たときに初めて大きな低電力化が可能となる。無線通信では、現在標準化が進んでいる UWB（Ultra Wide Band）は周波数方向にデータを分散させることで短い時間でたくさんのデータを送信す

ることができる。この技術を用いることでデータ送信にかかるコストを削減することが可能となる。

b）センサネットワークでは、取得されるデータの量が膨大であるため、センサノードに対するネーミング技術、データ記述技術、データ保存技術などのデータ管理技術が必須となる。特に複数のセンサネットワークを横断的に使用するような利用形態を考えた場合、各センサネットワーク間でデータ記述等の標準化も重要な要素となる。さらに重要なのは、膨大なセンサデータを処理し、価値を生むものに変換する技術である。従来の情報技術では、論理的なデータの扱いは膨大な蓄積があるが、このような量のデータの扱いは、科学技術計算や金銭計算に限定されて行われてきたため、センサネットワークからの幅広い量のデータの扱い方は今後の大きな課題となる。

c）センサネットワークの位置同定技術は、膨大なセンサノードの中から「ある点(X、Y)の周囲 10 メートル四方の温度」といった検索や「X ビル 4F の 408 号室の温度」といった検索をする際に必要になる。センサノードの各位置の同定を手入力で行うことは想定されているノードの数から現実的ではなく、GPS や UWB（Ultra Wide Band）などの無線技術を用いたものや、超音波を用いたもの、画像処理によって同定するものなど個々の技術によって自動的にセンサノードの位置を同定する技術が必要となり、状況に応じてこれらの技術を使い分ける必要がある。

d）センサネットワークでは、センサノードの数が膨大であるため電池の交換などが困難であり、少なくとも数年単位でセンサノードを継続使用できる必要がある。これに向けて、無線通信技術の低消費電力化と同時に新しい電源技術が必須となり、パッシブ RFID タグのような電波の反射波の利用、空気の振動からの発電、ソーラーパネルを使った発電、液体燃料を使用した次世代電池など、センサノードの使用領域に応じたさまざまな電源技術の研究開発が必要である。

e）小型化技術は、センサネットワークの適応領域を広げるために必要となる。スマートタグがμチップのように小型化されることで 2005 年日本国際博覧会（愛・地球博）の入場券に採用されるなどの応用が広がったように、センサノードの小型化により下水に流して水質汚染を管理するといった利用が可能となる。小型化技術のポイントとしてはセンサネットワークの要素技術を確立し、SoC などの技術によって１チップでさまざまな機能を実現することが考えられる。

f）センサネットワーク技術はスマートタグ技術と同じように実空間の情報を仮想空間に取り込む技術であるため、プライバシの問題と密接に関係する。特に一般家庭内や人体組み込み型のセンサネットワークの使用を想定した場合にセキュリティは致命的な問題になる。そのため、プライバシを守ることができるようなデータの暗号化も含めたセキュリティ技術が重要になる。特に、現在スマートタグで検討されているような制限されたダイサイズでの暗号化回路の実現など物理レベルの問題からセンサネットワーク内における鍵の配布問題、社会基盤レベルのプライバシガイドラインの制定などさまざまな問題を解決する必要がある。

6. ディスプレイ

近年、FPD（フラットパネルディスプレイ）の応用市場は、TV 放送のデジタル化・高情報容量化、通信環境のブロードバンド化・シームレス化などによるユビキタス環境の進展により、大きく変化している。特に、TV・PC・情報家電が融合された電子機器システムにおいては、HMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）の果たす役割は極めて大きく、時間・空間を超えた情報化社会の中で、人の行動パターンと一体化したディスプレイデバイスは無くてはならない存在であり、ユビキタス社会を具現化する重要なハードウェアのひとつと位置付けられる。各種ディスプレイ技術のなかで、FPD は世界市場の総売上高で既に 9 割を超えており、2010 年には 98%を占めるものと予想される（図 6-1)。そうした産業・技術の状況を背景として、我が国を含むアジア圏を中心に FPD 産業への設備投資が年々拡大している。特に、韓国や台湾を中心に FPD 分野への戦略的な大規模投資が継続的に行われており、技術開発および生産シェアにおいて、我が国の企業との競合が著しい。

FPD を技術的に大別すると、液晶 (LCD)、プラズマ (PDP)、有機 EL(OLED)、電界放出(FED)、等がある。これらの FPD はブラウン管（CRT）と比べて、薄型、軽量、低消費電力化に適しているため、大画面 TV、モバイル機器などの新しい市場・用途を創造してきた。例えば、３０型以上の大画面 TV 分野では LCD と PDP、携帯電話や携帯情報端末（PDA）等の小型ディスプレイには LCD を中心として一部に OLED が搭載されている。現在の FPD の種類別市場規模では LCD が 80%程度を占めているが（図 6-2)、今後、各方式が抱える技術課題が解決され、一層の高性能化・高機能化が進むにつれて、その特徴が明確になり、産業、社会の様々な局面で、いわば「適材・適所」的に、FPD の利用が広がっていくと予想される。

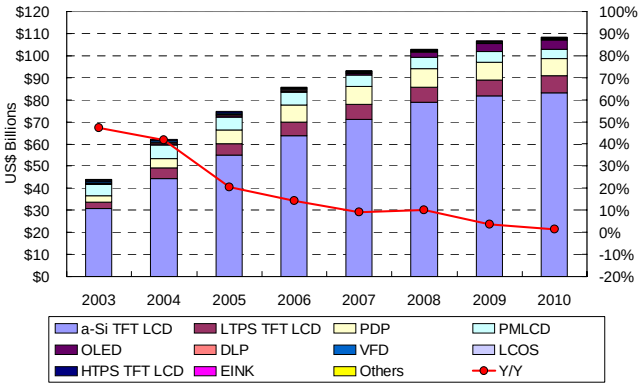


図 6-1　CRT と FPD の市場規模

（出典：第 12 回ディスプレイサーチフォーラム）

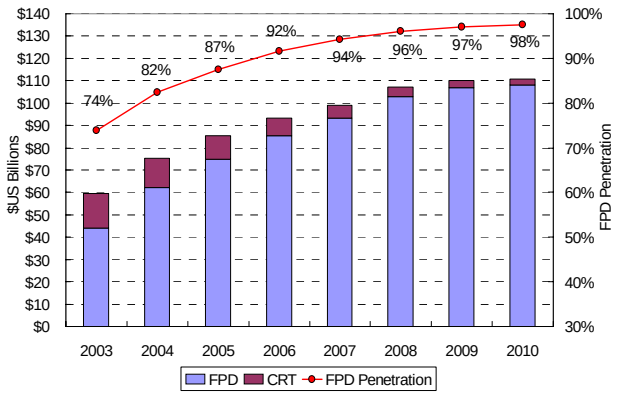


図 6-2　FPD 技術別市場規模

（出典：第 12 回ディスプレイサーチフォーラム）

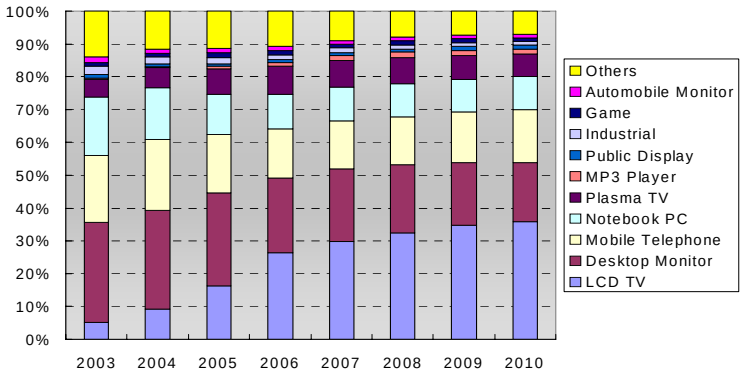


図 6-3　FPD 市場用途別シェア（金額）

（出典：第 12 回ディスプレイサーチフォーラム）

FPD の市場用途別シェアは、大画面 TV、デスクトップ用モニターなどの据置型ディスプレイ市場、および携帯電話、ノート PC など、中小型サイズのモバイル型ディスプレイ市場に大別され、前者の市場全体に占める比率は金額ベースで 50～60%であり、今後も同程度と予想される（図 6-3）。

据置型ディスプレイに要求される技術課題として、PC の表示容量の向上（例えば UXGA 以上）や HD（ハイデフィニション）TV 対応の多画素数化、更なる大画面化、高視認性化・高判読性化、高画質に対応した動画表示能力や広い色再現範囲、人間工学的な眼精疲労の低減などに加えて、今後は一層の低コスト化・低消費電力化、そして低環境負荷化が求めら

れる。一方、モバイル型ディスプレイへの要請は薄型軽量化、小型でも十分な情報量を確保するための高精細化、超低消費電力化、明暗の使用環境によらぬ高視認性・高判読性、美しい動画表示能力や広い色再現範囲などの高画質化・高表示性能化が挙げられる。さらに､LTPS(低温ポリシリコン)を用いた高性能 TFT などのバックプレーン技術の進展により、これまで外付けされていた各種デバイスの機能をディスプレイ内部にインテグレートする”システムディスプレイ”あるいは”システム・オン・グラス（SOG）”の導入が促進され、モバイル性を高めるための多機能化・高機能化における重要な技術要素になる。

今後 10 年間の電子情報技術分野の進展にはユーザインターフェースの利便性・信頼性の向上が不可欠であり、それに伴い、ディスプレイデバイスはその形態および機能面において更なる多様化･高機能化が予想される。アプリケーションから技術分野を分類した場合、従来の延長線上にある「①据置型ビジュアルインターフェース（テレビ･モニタの発展形)」、「②モバイルインターフェース（携帯電話・PDA の発展形)」に加えて、据置型・モバイル型の双方を備える「③フレキシブルインターフェース(電子ペーパー)」、さらにモバイル機器の発展形のひとつである「④ウェアラブルインターフェース」への展開が予想される。また、今後 10 年間の後半期には、立体視（３D）タイプや投射タイプなどの本格的な活用が進むと予想される。以下の説明では、各種の FPD 技術について、(1)技術の現状、(2)今後の見通しと課題、(3)技術革新を支えるキーテクノロジーの 3 項目に分けて、その詳細をまとめた。

6-1.　据置型ディスプレイ

6-1-1.　液晶ディスプレイ

（１）技術の現状

量産されている FPD を技術的に大別すると、液晶（LCD）とプラズマ（PDP）が有る。PDP がカラーディスプレイを目指した開発は、画素が放電空間から構成されることから小型より大型に向くため、大型ディスプレイ用であった。一方 LCD（TFT 駆動 LCD）は、小型ノートパソコンのディスプレイに搭載されて、本格的に市場が立ち上がり、デスクトップパソコン用モニター、TV 用ディスプレイなどアプリケーションの拡がりに伴って画面サイズ及び画素数の拡大が進み、主な用途として据置型ディスプレイに採用されている。このように LCD は、開発の歴史から見ても、精細度を上げることについて比較的対応し易いと言える。例えば、2006 年末にブラウン管（CRT）テレビの最大サイズ（36 型）と同クラスの LCD テレビ（37 型）において、フルハイビジョン（フルハイデフィニション）規格のテレビが市販されている。

画面サイズは、主に液晶パネル製造工場のガラス基板サイズで制限される。現在液晶パネル製造工場は、第 6 世代（6G)、第 7 世代（7G)、第 8 世代（8G）が稼働中であり、2006 年末現在で製品化されている最大画面サイズは、65 型（対角 165cm）である。

（２）今後の見通しと課題

今後の据置型 LCD の技術開発は、更なる大画面高精細化の方向と、放送信号を超える高色再現性、および低コスト化の方向へ向かうと考えられる。大画面化のためには、画面の隅々までの均一性が要求される。単純に大画面化するだけであれば、消費電力量も増大する。CO_2排出量削減の観点から、消費電力を増やすことなく大画面化する技術が求められる。高精細化のためには、TFT の高性能化すなわち高移動度化が必要である。更に低配線抵抗化技術、画素容量低減技術が求められる。高色再現性については、バックライト（CCFL）の高色純度化、LED バックライト、カラーフィルターの高演色性などが必要になる。低コスト化に対しては、偏光板やバックライトに代表される光学部材の機能統合、一括形成が求められる。

（３）キーテクノロジー

大画面均質性のためには、光学部材の大型化に起因する不均一を補償し、製造マージンを拡大する光学設計技術が必要となり、かつ高輝度 LED の色調均質化、及び大規模マウント技術による大型低消費電力バックライトシステム技術が必要である。

TFT の高移動度化のためには、製造プロセスを現状のアモルファスシリコンから低温ポリシリコンへ変更するというモバイル型 LCD 同様の方法もあるが、大型ガラス基板を使用する据置型 LCD においては、ナノクリスタルシリコン TFT や ZnO（酸化亜鉛）系化合物 TFT が有効と考えられる。

配線の低抵抗化には銅配線、将来的には銀配線を使いこなす技術が必須である。画素の電気容量を小さくするために、低容量絶縁材料および低容量 TFT 設計が必要となる。カラーフィルターのナノ粒子顔料化及び高演色性設計と大型バックライトシステム技術を組み合わせ、最適化することにより、自然界に存在するあらゆる色を加工することなく忠実に再現することが可能となる。導光板、拡散板、偏光板といった光学シート類を一体あるいは一括成型することによりバックライトの光を利用する効率が向上し、バックライトの使用数を減らすことも出来るため、その両方の効果で、低コスト・低消費電力化が計られる。

またパネル製造工場の基板サイズを、6G、7G、8G と拡大することで、コスト競争力が増すことが明らかになった今、9G、10G へと製造工場の拡大競争は止まらないと考えられるが、大型化路線以外に設備投資に対する生産性を飛躍的に向上させる超大型基板用の革新的プロセス技術の開発が今後必要になると考えられる。

6-1-2.　プラズマディスプレイ

プラズマディスプレイ（以下、PDP）の課題は、性能向上と低コスト化に尽きる。FPD が HD（ハイデフィニション）から FHD（フルハイデフィニション）、2k×4k、4k×8k へと高精

細化が進む中で、高精細化と輝度・低消費電力を両立する技術開発と、市場の要望に応えられる低コスト化が最大の課題である。この２つの観点から、技術の現状、今後の見通しと課題、キーテクノロジーについて記載する。

（１）技術の現状

PDP は開発の歴史が長く、1964 年にイリノイ大学でマトリックス型が発明されて以来、DC 型（直流放電型)、AC 型（交流放電型）と研究が進み、現在は AC 型 3 電極方式が主流となっている。PDP の原理は、図 6-4 に示すようなバス電極や誘電体、保護層を備えた前面板と、隔壁や蛍光体を備えた背面板の間にネオン・キセノンガスを封入し、バス電極やデータ電極に電圧を印加することでこのガスを放電させ、放電から放出される紫外線で蛍光体を発光させるものである。従って自発光で応答性が速いために、視野角が広く、動画を表示した時の解像度（以下、動画解像度）に優れるという、大きな特徴を備えている。

また駆動方式の改善によりコントラストも飛躍的に向上し、通常の家庭で映像を鑑賞する環境下では 4000:1 以上の高コントラストが実現され、非常に引き締まった映像が表現されている。一方 PDP の課題とされてきた消費電力当りの発光効率や焼付きも飛躍的に改善されてきた。効率はセル構造や放電ガスの工夫等により、2001 年には 1.5 lm／W であったものが 2006 年には 2.0 lm／W を超えるまでになり、画像表示輝度の分布に応じた点灯表示ができるという本質的な原理と合わせて PDP の消費電力は低減され、現在では HD 仕様のテレビで、37 型：210KWh/年、42 型：270KWh/年の年間消費電力量が実現されている。また焼付きについても、蛍光体材料の改善やパネル内不純物の低減、駆動表示方式の工夫などで大幅に改善されており、固定表示が多い情報表示板などの産業用としても使用されるようになってきている。

市場では FPD の普及に伴い、大型化、高精細化、低コスト化が急速に進んでいる。PDP は厚膜プロセスが主であるため、プロセス工数が少なく大型化が行い易い。2006 年時点では、37 型、42 型、50 型、55 型、58 型、60 型、65 型、103 型が商品化され、50 型以上では HD と FHD、37 型と 42 型は HD がラインナップされている。またコストも予想以上に低価格化が進み、2001 年には 50 万円以上していた 42 型（VGA 仕様）が、2006 年後半には 42 型（HD 仕様）が 23 万円程度で販売されている。

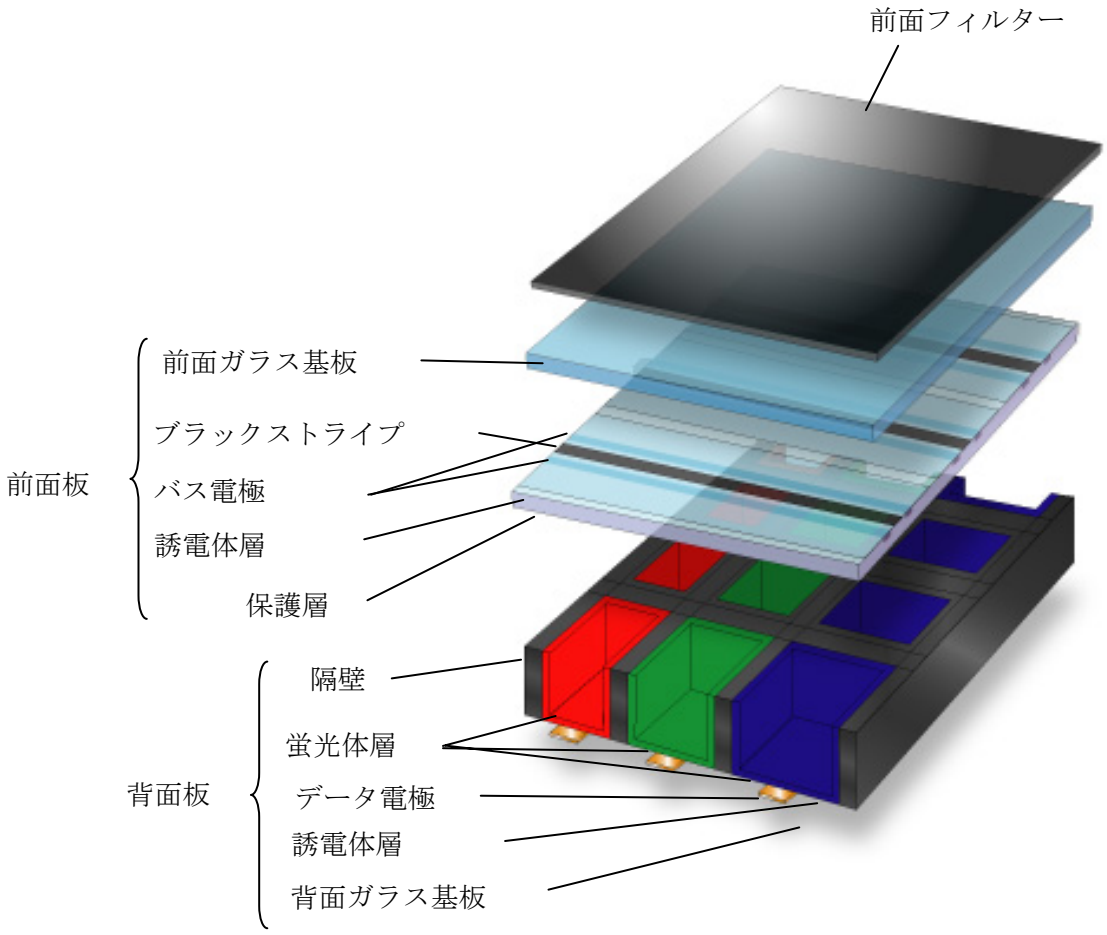


図 6-4　PDP の構成

（２）今後の見通しと課題

今後 FPD は HD から FHD、2k×4k、4k×8k へと高精細化が進む中で、PDP の大きな課題は高精細化と性能（輝度、消費電力）の両立である。高精細化と輝度、・低消費電力化の両立には、パネルの効率向上が必須である。高精細になるほどセルは小さくなり、放電空間が小さくなる。放電空間が小さくなると、放電がリブや蛍光体などに消費されることや、放電が発生しにくくなる等の理由で、どうしても効率が悪くなる。これは PDP の本質的課題であり、これをブレークスルーするには、蛍光体を発光させる紫外線量を増加させる、あるいは蛍光体自身の発光効率を高めなければならない。紫外線量を増加させる方法としては、放電空間を有効に活用する新しいセル構造（対向電極構造など）、放電密度を高める新放電モードを利用する技術、紫外線放出の元になる Xe ガスの分圧比率を高める技術が研究されている。Xe ガスの分圧比率を高めることは非常に有効な手段ではあるが、分圧比率の

増加とともに、駆動電圧の増加、保護膜の損傷増加、放電制御が難しくなる、など多くの技術課題を抱えている。中でも駆動電圧の増加は実用化に向けた重要かつ困難な課題である。この課題解決に向けて、電子を放出しやすく損傷にも強い新保護膜材料の開発と新保護膜材料を実用化する新プロセス開発による低電圧駆動技術の開発を推進していく必要がある。また将来的には、カーボンナノチューブなどを利用したフィールドエミッション技術を取り組むことで、更なる低電圧駆動を実現する技術開発が期待される。

材料開発もキーテクノロジーである。特に蛍光体は、保護膜と並び PDP の性能に直接影響を及ぼすもので、蛍光体の特性向上は即 PDP の性能向上につながる。蛍光体研究の歴史は長く、飛躍的な特性改善は困難かもしれないが、地道な材料自身の輝度特性改善に加えて、粒子を微細化し粒子層間の反射効果を利用した形状効果による輝度向上等の技術開発が期待される。さらに輝度劣化特性、残光特性、色度特性の改善により、高精細化を活かした高画質 PDP を実現できる。

無効電力の削減も消費電力低減の重要課題である。PDP はガラス材料が多く使用されており、パネル自体が一種のコンデンサーである。電極の電位を変化させる毎に無効電力が生じるため、誘電体やリブ材料の誘電率εを小さくして低容量化することが有効である。低ε誘電体材料の開発とともに、低容量になると１回の放電に印加する電力が少なくなり輝度低下が生じるため、上記高効率化技術や放電回数を増やす高速放電技術などを組み合わせて、最適なデバイス設計をすることが必要である。

また環境面では、PDP は既に非 Pb 対応を実現したが、依然として Bi や ITO などのレアメタル材料を多量に使用しており、これらの材料はかなりの部分が中国からの輸入に依存している。将来にわたり PDP を国内産業として成長させていくことを考えると、これらの代替材料の開発も必要である。

PDP では、液晶ディスプレイ（LCD）に比較してパネルモジュールの価格比率が小さく、IC 化による部品数低減などのセット部品のコスト低減が進められる一方で、プロセス革新による生産効率の向上やエネルギー削減が重要となってくる。

多面取り技術により生産効率は大幅に向上し、2007 年には 42 インチで 8 枚取り（これは LCD の G8 ライン相当）の工場が稼動予定である。以後、ガラス基板の供給・搬送の課題はあるものの、LCD の G10 ライン相当までは基板ガラスの大判化は進むと予測され、これに対応して、印刷、露光、現像、などの既存プロセスの大判化対応も進んでいく。

PDP は厚膜・熱プロセスが主体であり、非常に多くの生産エネルギーを消費している。PDP のプロセス革新とはプロセス工数の削減であり、特に熱プロセスの削減・低温化が、生産エネルギーの削減、生産効率の向上、設備投資の低減、歩留まり向上など多くの効果を引き起こし、コスト削減につながる。熱プロセスの削減には、前面板における電極と誘電体、および背面板における電極、誘電体、リブを同時に焼成する同時焼成技術が効果的である。これまで個別に焼成していた電極、誘電体、リブなどを同時に焼成することで焼成プロセ

ス工数は半減し、生産エネルギーと設備投資額の低減を実現するとともに、プロセス工数が減ることでトータル歩留まりが向上して、損失ロスや固定費削減によるコスト削減が実現する。また電極や蛍光体の直接描画技術やリブ転写工法技術の開発で、材料使用を必要最小限度に止めてコスト低減を実現していくと思われる。さらに将来は、窒素雰囲気や真空の状態でパネルを組み立てることで前面板や背面板表面の水分吸着を制御する雰囲気制御の封着排気一貫プロセスと、レーザーなどにより低温でパネルを封止するレーザー封止技術の開発により、低温でしかも極めて短時間に封着・排気が可能なプロセスを実現し、生産性向上を実現する。このプロセスによればパネル内に残存する水分などの不純物を極めて低減することが可能となり、エージング時間も短縮されて更なる生産性の向上が期待される。

（3）キーテクノロジー

上記内容をキーテクロノジーとしてまとめると、下記のようになる。

◆ 高効率・高精細化：新放電モード制御技術、新放電ガス技術、低電圧駆動技術、材料技術（新保護膜材料、超微細・高効率蛍光体材料、低 ε 誘電体材料）

◆低コスト化　：大判・多面取りプロセス技術、同時焼成技術、新工法（直接描画技術、リブ転写工法技術、雰囲気制御封着排気一貫工法）

6-1-3.　有機ＥＬディスプレイ

（1）技術の現状

有機 EL ディスプレイは、液晶ディスプレイやプラズマディスプレイの動画特性・視野角依存性や精細度などを凌駕し得る将来デバイスとして嘱望されていながら、フルカラーディスプレイとしての量産に至らない状況が数年に渡り継続している。一般的には量産化への進展は、中小型サイズのパッシブ駆動のモノクロやマルチカラーディスプレイから市場参入を開始し、次第にアクティブ駆動のフルカラー化が実現され、最終的には大型フルカラーディスプレイの本格量産を迎えると考えられている。つまり、モバイル型ディスプレイを起点に大型据置型への移行が従来までの一般的な技術と産業のシナリオであったと言える。しかしながら、モバイル型のフルカラー化の段階で、ここ数年に渡り毎年試行的な事業展開がなされただけに終わってしまっている現状にある。

その主たる理由として、有機 EL ディスプレイの寿命が市場の要求レベルを満足するに至っていないことが挙げられている。確かに、発光材料自体の寿命が十分長いとはいえない状況であり、過去の有機 EL に関する各種開発プロジェクトは結果的には材料開発に関するものがほとんどであった。このような状況下で、材料メーカーは長寿命材料の開発に注力

し大きな成果が得られつつある。しかしながら、その間に有機 EL ディスプレイの競合技術である液晶ディスプレイやプラズマディスプレイも大きな進化を遂げ、有機 EL ディスプレイの各種製品仕様が競合技術を上回ることができていない。

また据置型有機 EL ディスプレイに関しては、消費電力・輝度・発光寿命・焼付き寿命などの課題に加え、大型映像デバイスゆえのサイズ起因の課題も未解決のままである。特にアクティブスイッチング素子としての TFT の特性均一性は有機 EL ディスプレイの発光強度の均一性に多大な影響を及ぼす。またその高均一特性を実現できる量産技術とそれを支える製造設備や製造プロセスも液晶ディスプレイ用途とは異なるレベルが要求される。

繰り返すと、有機 EL デバイスの製造には、EL 発光層などの表示（発光）媒体の課題と、その発光層を駆動するための TFT 素子基板（バックプレーン）の課題に大別される。上記のように、従来は発光層の課題、とくに発光材料とインターレイヤーの課題解決に開発プロジェクトの重点が置かれてきた。バックプレーンに関しては、各企業の個別努力の範囲に位置づけられてきたが、競合技術の開発の進展に伴い改めて大きな開発テーマであるとの共通認識が確認されつつある。

有機 EL が残されている技術課題を解決できた場合には、高画質・製造コスト競争力・薄さ軽さなどの観点で他のディスプレイ技術を凌駕し得る可能性を有していることになる。このため将来展望として、据置型フラットパネルディスプレイほぼ全分野において有機 EL に置き換わる可能性も否定できないと考えられる。現在のディスプレイメーカーはこのような状況の変化を見極めつつ適切な対応が求められることになると言える。

（2）今後の見通しと課題

据置型ディスプレイの開発要素としては、テレビ用途に代表されるような長時間の高輝度での使用状況に耐えるために、長寿命化が重要なテーマとなる。長寿命化技術には、発光材料自体の長寿命化と、材料への負荷低減のための高発光効率化や発生した光の利用効率の向上などが挙げられる。さらに、大面積有機 EL ディスプレイの先行競合技術とのコスト面での競争を考慮すると、有機 EL 層の形成プロセス・製造装置も生産性・再現性が十分に考慮されたものである必要がある。また後者の材料負荷低減には、バックプレーンや発光層とのインターレイヤーにも重要な開発課題がある。高輝度高画質大画面の要請に応えるためには、十分な EL 駆動能力と時間的安定性を有するスイッチング素子とそれらの駆動特性の極めて高いレベルでの均一性確保が必須である。

大型映像デバイスゆえのサイズ起因の課題も未解決のままである。具体的には高輝度化とそれに伴う高駆動電流・駆動電圧の高圧化・配線抵抗・TFT 素子抵抗・大型ガラス基板での低温ポリシリコン形成・低温ポリシリコン TFT 素子特性高均一性などの課題があり、それを実現できる量産技術とそれを支える製造設備や製造プロセスも LCD や PDP とは異なる重要課題として解決されなければならない。

さらに、量産商品としての普及を考慮すると製造コストに関しても、有機 EL ディスプレイは製造装置・製造プロセス・製造歩留まりなどが他の技術と競合できるレベルに至っておらず極めて重要な課題となっている。本格的な有機 EL 用途に耐えうる超高均一特性バックプレーンの新規開発要素は多岐に渡るため共通課題を抽出して早期に解決することが必要であろう。

また、薄型化・軽量化・連続生産によるローコスト化の解の候補の一つであるフレキシブル基板材料や製造プロセス技術の開発などにも多くの開発題目が残されている。

（３）キーテクノロジー

・長寿命化は、材料の発光効率の改善技術と発光素子としての光利用効率改善技術の両面からの解決が必要である。

・色再現範囲の拡大に関しても LCD が実現しつつある NTSC 比 100％の達成技術は必要である。

・大画面化は、有機 EL の駆動に必要な電子移動度を有した TFT アレイを、競合技術が実現しているサイズで極めて高い均一性で実現可能なバックプレーン技術開発が必要である。

・コスト対応力強化のためには、製造プロセスの大幅なブラッシュアップが必要であり、有機 EL 層の形成（端的には印刷手法による RGB 三原色の塗り分け含め)、有機 EL 材料の塗り分け対応化（インク化等)、低電流領域でも出力ムラのない超高均一 TFT アレイ（バックプレーン）が、同時進行的に必要となる。

・更なるコスト低減手法としては、フレキシブル基板に印刷などの手法で TFT アレイを連続形成（ロール・ツー・ロール製法など）し、さらに発光層も連続形成するための低温連続プロセスと装置の開発が必要となる。

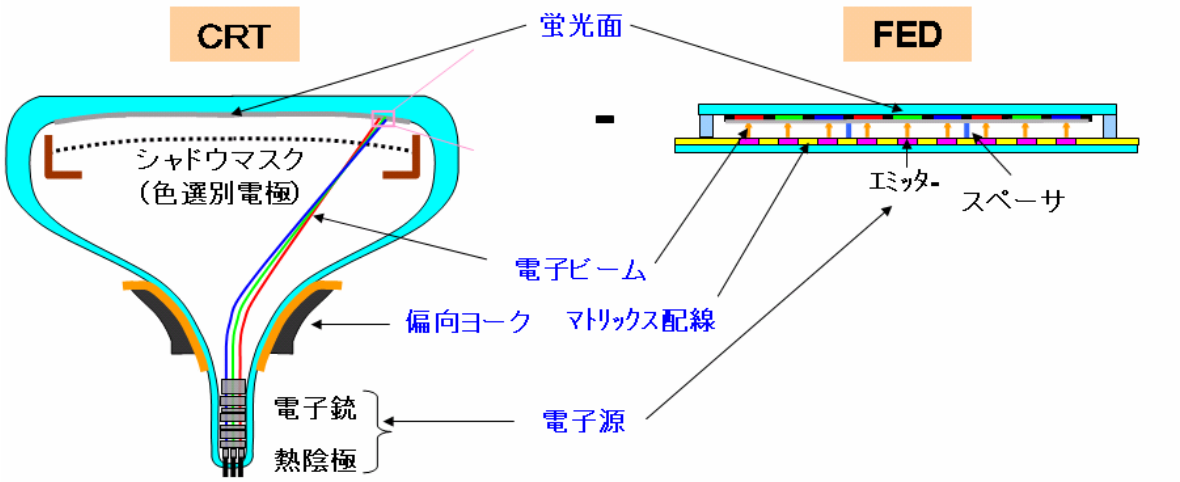
6-1-4.　電界放出型ディスプレイ

（１）技術の現状

電界放出型ディスプレイ（FED）は、CRT 同様に電子ビームを蛍光体に照射することで発光させる自発光型ディスプレイである。このため、CRT の長所である、高い色再現性・優れた動画応答性・広視野角・高い暗コントラストといった特性を有している。さらに、FED では、画素ごとに電子源があるため、微細ビームにより画素単位の発光を制御できる。その為、CRT に比べ、画像が均一に高精細になる。また、ビーム軌道を制御するための偏向ヨークを必要としないため、薄型化・低消費電力化が実現できる。

FED パネルは、電子源のあるカソードプレートと蛍光体のあるアノードプレートの２枚の基板から構成されている。カソードプレートでは、走査配線と信号配線をマトリックス状に形成し、それぞれの配線間に電子源を配置している。アノードプレートでは、蛍光体が RGB の順に走査配線方向に配列されている。１つの電子源に、１色画素が対向している。

2007 年-2008 年の FED パネルの走査線は、3 型-10 型の小型サイズでは 240 本、55 型の大型サイズでは 1080 本を実現している。



	CRT	FED
発光原理	蛍光体の電子線励起	
画像表示原理	電子ビーム走査	マトリックス駆動
真空維持構造	厚肉ガラスバルブ	薄板ｶﾞﾗｽ＋ｽﾍﾟｰｻ＋側壁

⇒ 薄型軽量化

図 6-5　CRT、FED の構造

（2）今後の見通しと課題

①高精細・高画質化

今後の FED の技術開発の方向は、更なる大画面・高精細・高画質化を目指すものと言える。画質については、蛍光体材料改善、構造設計適正化により発光効率の改善が必須である。精細度については、コンテンツに合わせて 2k×4k、4k×8k へと開発を進めることが必要である。

②ローコスト化

FED の開発では，高画質化，大画面・高精細化と並行して，低コスト化も積極的に進める必要がある。大量生産に向いた生産技術を開発し量産に備えなければならない。FED 技術は他の FPD とは異なり、単独で開発が進められて来た経緯があるため、その製造技術には独特のプロセス，生産技術，製造装置が使われている。このため今後は，装置メーカーと協業することによって，生産性の飛躍的向上、ひいては低コスト化が可能になると考えられる。

（3）キーテクノロジー

画質については、高効率蛍光体、電子源の改善を行い更なる性能向上をはかることが必要である。

色再現の向上として、蛍光体の改善及び材料開発、4原色更には多原色構成の蛍光面開発が待たれる。

高精細については、高精細に対応する微細スペーサ開発や微細電子ビーム形成の構造開発が必須である。

低コスト化は，超高速パターニング技術を確立することを主に生産性を高めることが期待できる。

6-2. モバイル型ディスプレイ

6-2-1. 液晶ディスプレイ

（１）技術の現状

モバイル型液晶ディスプレイは、携帯電話、デジタルカメラ、携帯ゲーム機、ポータブルオーディオ、車載、PDAなど、様々な用途で使用されている。中でも、携帯電話のメインディスプレイが半分以上を占め、主要アプリケーションとなっている。富士キメラ総研の統計データによると、2006年に携帯電話メインディスプレイ用LCDは、全世界で、10億台を超えると見込まれ、2011年には、12億台を超えると予想されている。

現在、携帯電話のメインディスプレイLCDは、出荷台数の多い順から、カラーTFT（Thin Film Transistor）LCD、カラーSTN（Super Twisted Nematic）LCD、モノクロ LCDである。Nokia社は、2010年までには、世界市場でカラーSTNやモノクロといったパッシブマトリクス LCDは、殆んどなくなると予想している。これは、現在日本市場で標準となっているカメラ付き携帯電話に使われているカラーTFT LCDと同等仕様のLCDが、世界中の携帯電話に搭載されるということである。

（２）今後の見通しと課題

現状の携帯電話用カラーTFT LCDは主に台湾および日本のLCDメーカーが製造しているが、これらメーカーは低機能機種（カラーSTNあるいはモノクロ代替）および高機能機種（カラーTFT）の、低コスト化技術開発および、更なる高機能化技術開発を行っている。低コスト化技術開発は、プロセス技術およびディスプレイ基板や光学シートといった材料技術のイノベーションである。高機能化技術は、カラーTFT（アモルファスTFTあるいは低温ポリシリコンTFT）の製造プロセスのイノベーションおよび、表示性能技術のイノベーションである。特にカラーTFTは、精細度や表示均一性の向上などに対して、開発要素が多い。

現在我が国においては、2.4型QVGA（320×240画素、精細度約170ppi（pixel per inch））が代表的な携帯電話のメインディスプレイであるが、付属するカメラの高解像度化（3～5メガピクセル）や、動画対応化、ワンセグテレビ放送対応化などの高機能化に対して、鮮

明な画像を表示することが求められる。例えば、2.6 型 VGA(640×480 画素、精細度約 300ppi)がこれに対応する。表示面積が、ほぼ同等で精細度（画素密度）が 4 倍高いものが要求されることになる。

携帯電話にカメラが搭載されデジタルカメラと携帯電話が融合したように、携帯電話と PDA との融合、携帯電話と MP3（携帯音楽）プレーヤーとの融合等が既に始まっており、これら融合機能を表示するモバイル型液晶ディスプレイには、今までの携帯電話と異なる技術革新が要求されると考えられる。

（３）キーテクノロジー

低コスト化に対しては、基板ガラスの薄型化やプラスチック基板の採用、光学シート（偏光板、導光板、拡散板）類の削減あるいは一体化開発が行われる。これら技術は、液晶ディスプレイの軽量化、薄型化が図れる技術でもある。

高機能化に対しては、TFT の技術革新と画質の革新が必要である。TFT は現状アモルファスシリコン（α-Si）TFT と低温ポリシリコン（LTPS）TFT が使われている。駆動周波数（画素数に比例）の高速化や、デザインルールの微細化のために、トランジスターの移動度が高いことが要求される。この点において、TFT はα-Si ⇒ LTPS（Low Temperature Poly Silicon）⇒ 準結晶化 Si（シリコン）⇒ 結晶化 Si へという進化をたどると考えられる。

また融合型携帯電話に必須な長時間使用に耐えるバッテリーや超低消費電力型ディスプレイが求められる。消費電力を低減するためには、バックライトの低消費電力化はもとより、反射を重視した反射半透過型 LCD においては反射率の向上技術として、高反射電極およびその構造開発が行われる。更に動画やワンセグテレビに対応するためには、液晶テレビ並みの動画性能や、コントラストが必要であり、テレビ用 LCD 技術のモバイル型 LCD への移植、即ち新規配向技術、偏光板等の光学フィルムの改善による動画応答時間（Motion Picture Response Time (MPRT)）の短縮が求められる。また個々のアプリケーションに即した必要機能の取り込みや、ディスプレイ周辺システムのディスプレイ基板内への集積が進む。このためにもガラス基板上 Si の結晶化技術開発は重要度が高い。

6-2-2.　有機 EL ディスプレイ

（１）技術の現状

有機 EL ディスプレイ技術の現状については、据置型ディスプレイの中の「6.1.3 有機 EL ディスプレイ」で詳述しているので、ここではモバイル型ディスプレイの状況について述べる。

モバイル型ディスプレイでは、一般的に言われている発光輝度寿命や映像焼付き寿命の目標が十分に達成できていない現状に加え、現在他方式の FPD 技術など競合技術のレベル以下に留まっている低消費電力・高輝度・高精細度などの性能開発が重要な課題である。

また、本質的に有機 EL が保有する薄型軽量という長所が差異化ポイントとして活かされると考えられて来たが、最近では液晶ディスプレイにおいても薄型軽量化が進んで来ており、有機 EL との差異はごくわずかなものとなりつつある。

有機 EL デバイスの製造には、EL 発光層の課題とその発光層を駆動するための TFT 素子基板（バックプレーン）の課題がある。従来は発光層の課題、とくに発光材料とインターレイヤーの課題解決に開発プロジェクトの重点が置かれてきた。バックプレーンに関しては、各企業の個別努力の範囲に位置づけられてきたが、競合技術の開発の進展に伴い改めて大きな開発テーマであるとの共通認識が確認されつつある。

（2）今後の見通しと課題

モバイル型ディスプレイにおいては、低消費電力と低コストが最大の課題となる。これを両立させるためには、発光層の課題に加えバックプレーンの高均一性製造技術が非常に重要である。また、高精細から超高精細に渡る有機 EL 層形成技術とバックプレーン技術も共通課題として残されている。

また、量産商品としての普及を考慮すると製造コストに関しても、製造装置、製造プロセス、製造歩留まりなどが LCD 技術と競合できるレベルに至っていないことも極めて重要な課題となっている。さらに、薄さ・軽さの点においても薄型を可能とする薄膜等での封止技術も課題である。

一方、抜本的なイノベーション技術として、フィルム基板を使用したロール・ツー・ロール（R2R）製造技術に至る各種要素技術の開発も重要な競争要素となる。有機 TFT の構成材料・連続成膜が可能な有機 EL 材料・R2R 塗布技術・R2R パターニング技術などを着実に進展させることが重要な課題となる。

（3）キーテクノロジー

・長寿命化は、高階調表示での焼き付きに課題が残っており材料の継続的な開発が必要である。

・色再現範囲の拡大に関しても LCD が実現しつつある NTSC 比 100％の達成は必要である。

・低消費電力化は、映像表示においての LCD を凌ぐ潜在力を実現させる必要がある。このためには発光効率の向上・発光電圧の低減など有機 EL 材料の開発に期待する要素と、TFT 素子の駆動電圧低減（バックプレーンの TFT 特性の極めて高い均一性が必要）・発光層からの光取り出し効率の向上・発光画素面積の拡大（トップエミッション構造など）など、バックプレーンの開発要素があり両者の実現が必要となる。

・高画質化に関しては、上記の色再現範囲の拡大と画素密度の向上による高精細化が必要になる。ここでは、有機 EL 層の形成プロセス・設備と、更なる材料開発が重要要素となっている。

・コスト対応力の強化には、TFT 素子・有機 EL 発光層の両面に対し印刷などの成膜とパターニングを同時に実現させる材料と製造プロセスの開発が必要である。

6-3.　電子ペーパー

（１）技術の現状

電子化とネットワークによって我々の生活は大きく変化してきている。特に最近は携帯電話および無線ネットワークインフラの発達により、ユビキタスな環境が急速に普及している。しかしながら唯一昔ながらの形態でのこっているメディアが紙である。紙はもっとも古い情報メディアであるが、深く現代人の生活に浸透し、その一部となっているため、電子化による置き換えは容易ではない。

一方、単に情報を得るという観点に立てば、携帯電話と PC という既に十分普及し、ネットワークも殆ど完成されたメディアで十分とも考えられる。だが、多くの人が何かを読む場合、携帯電話や PC のディスプレイより紙の方がはるかに読み心地よいと感じることも事実である。実際電車などの交通機関の中では、紙メディアで何かを読んでいる人と同じくらい携帯電話を見つめている人が見受けられるが、それは何かを読んでいる場合より、ゲームやメールなどインタラクティブな使用をしている場合が多い。ネットワークからコンテンツを取得して蓄え、好きなときに読むことのできる電子メディアというアイデアは古く、それを具現化した商品が電子読書端末である。残念ながら、現時点では紙と同等の使用感には程遠く、PDA や小型の PC に近い物となっている。ディスプレイ技術として、電子読書端末に使用されている、あるいは使用されたことのあるものは、反射型 LCD、コレステリック型 LCD、そしてマイクロカプセル型電気泳動ディスプレイが挙げられる。

もう一方紙は、ポスター、掲示版などとしても使われておりそれを電子ペーパーで置き換えようという動きもある。この場合の電子化のメリットはもちろん容易に内容を書き換えられることであるが、静止画もしくはテキストのみで、書き換えも頻繁に行う必要はないため、メモリ性があり、反射型のディスプレイである電子ペーパーがふさわしいと考えられている。技術的には、粉流体ディスプレイ（トナーディスプレイ）、マイクロカプセル型電気泳動ディスプレイ、さらにカラーのコレステリック型 LCD などが提案されている。

電子ペーパーという分類に入るディスプレイの大きな特徴は、フレキシビリティをもっていること、が期待されている。そのため、既存のディスプレイでは応用が難しい湾曲面や、製品のデザインの一部としてフレキシビリティを使用したものも商品化がなされている。例としては腕時計、大型時計などである。

さらに動画も表示でき、かつ非常に薄く、軽く、丈夫なディスプレイが実現されれば、現在の携帯情報機器（携帯電話やノート PC、PDA）の形態を大きく変化させることも期待できる。ただし、このようなディスプレイを実現するハードルは高く、実現には相当の時間を必要とするであろうと思われ、現状ではこれといった技術はまだ存在していない。

（2）今後の見通しと課題

紙の電子化として期待されている電子ペーパーについては、いくつもの技術が提案されているが、現在主流になりつつある技術は、マイクロカプセル型電気泳動ディスプレイ、粉流体ディスプレイ、コレステリック型液晶ディスプレイなどである。それぞれ異なった課題をもっているが、コレステリック液晶タイプは電気泳動などの粒子を用いるタイプと比較し、反射率、コントラストなどに課題がある。マイクロカプセル型電気泳動ディスプレイでは、アクティブマトリックス駆動が必要で、コストが高い。また粉流体ディスプレイではパッシブマトリックス駆動が可能であるが、駆動電圧が高く携帯型に適用が困難などの問題点をもっている。

共通の課題として、前項の「技術の現状」で述べたように、紙の機能をもった電子メディアとなるためには、少なくとも紙に非常に近い使用感が求められる。多くの人が PC で長いドキュメントを読むことに不満をもち、資源の無駄と知りつつプリンタを用いてあえて紙に印刷する行動をとっている。高い使用感が求められないのであれば、価格の安い反射型 LCD を用いた電子ペーパーメディアが普及しているはずである。ここでいう紙の使用感とは、視認性（反射率、コントラスト、解像度）と薄さ、軽さ、しなやかさなどを総称したものである。もし紙の視認性が達成されなければ、電子ペーパーメディアの普及はかなり限られたものとなる。このような理由から、現在の電子ペーパーディスプレイはガラス基板を用いているが、将来に向けて軽くしなやかなプラスチックを基板として用いるための開発が盛んになされている。しかしながら、プラスチックあるいは金属箔などを用いて TFT をその上に形成する技術は発表されているが、実使用に耐えうる信頼性、コストを達成するまでには至っていない。

更に、薄く、軽く、しなやかな電子ペーパーを達成するには、ディスプレイ部のみでなく、電力、コントロール、インターフェース、メモリなど製品全体として軽薄化を達成しつつ、さらに十分な信頼性を達成するという高いハードルを越える必要がある。

加えて、課題として重要な点はカラー化である。オフィスや家庭での印刷も、写真画質が容易に得られる今日、紙の機能を取り込む電子ペーパーメディアとしてカラーが十分に表現できなければ、その応用範囲は非常に限られたものとなるであろう。現在、電子ペーパーとして近場で開発が期待されているディスプレイは、いずれも消費エネルギーの低さと、電力を用いずに画像を維持するメモリ性をもっている反射型ディスプレイである。しかし反射型ディスプレイは原理的に自発光型ディスプレイに比較して色を表現することが難しい。紙の印刷では、何色ものインクを使うことができるし、デジタル印刷では微小なインクを紙の上で直接混色することにより、広い色表現が可能であるが、反射ディスプレイでは限られた色をあらかじめ定められたピクセルで表し、かつディスプレイに入射した光のみを利用することしかできないため、コントラストにおいて著しく制限をうけること

となる。

将来、動画も表現できるようにすることを考えた場合は、現在主流の反射型ディスプレイとは別に、消費電力を非常に低減した自発光型のディスプレイ（LCD もしくは OLED）と、やはり非常に薄くしなやかな電池が必要になるかもしれない。また、現在の携帯電話や PC と電子ペーパーが融合して、あらたな商品群を作り上げる可能性も考えられる。

（3）キーテクノロジー

いずれの方式にせよ材料技術が今後ともキーとなる。材料技術のポイントは例としては、白反射率の向上、高コントラスト、駆動電力の低減、メモリ性能の改善、残像の低減、低コスト化などである。とくに材料ではカラーをどのように表現していくかという点に、今後の技術開発の成否がかかっている。

パネル技術として、駆動回路、とくにアクティブマトリックス駆動をプラスチックフィルムなどのガラスでない基板上に歩留よく、低コストで形成する技術が重要である。あるいは材料開発に依存するが、ある程度低い駆動電圧でパッシブ駆動が可能になれば、あえて TFT などの素子をプラスチック上に形成する必要はなくなる。有機 TFT などの非シリコン系の TFT が印刷法などで容易にプラスチック基板上に形成できるようになれば、アクティブであるかパッシブであるかは問題ではなくなる。その先はロール・ツー・ロールなどの超低コストの量産方法の確立によって、さらに電子ペーパーの普及にはずみがつくであろう。

前項の「今後の見通しと課題」で述べたように電子ペーパー商品はディスプレイパネルのみでなく、電源を含むすべてのエレクトロニクスを非常に薄い形のなかに実装する必要がある。そのために、携帯電話の実装技術とは異なる新たな実装技術、電源技術、バッテリーなどが出揃ってこなければならない。

電子ペーパーに用いるコンテンツとして新聞、雑誌、コミックなどの現在の出版物と近いものが期待されている。ハードウェアの技術とは異なるが、音楽や映像コンテンツと同じく、それを配布する方法が標準化されてこなければならない。

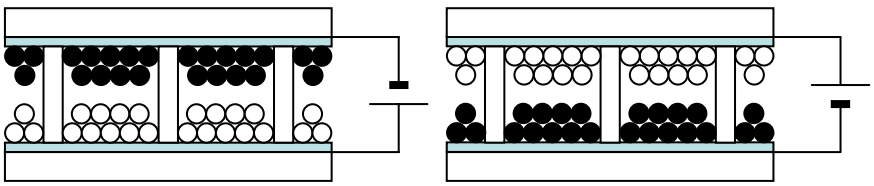


図 6-6　粉流体ディスプレイ原理

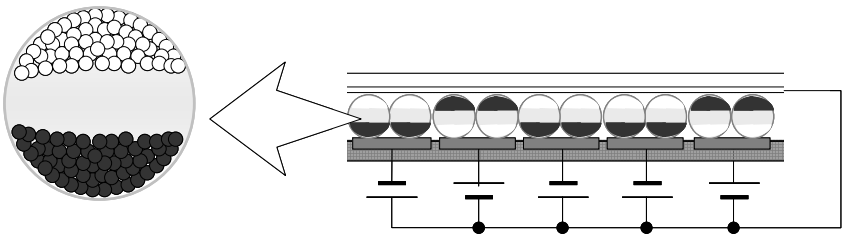


図 6-7　マイクロカプセル型電気泳動ディスプレイ原理

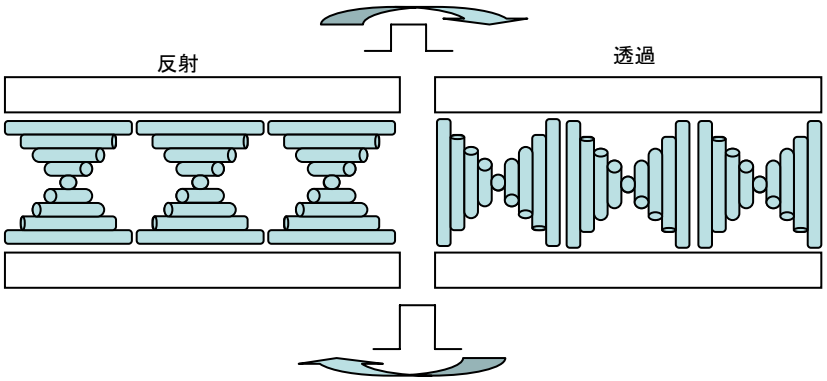


図 6-8　コレステリック液晶ディスプレイ原理

6-4.　３Dディスプレイ

ここでは 3D ディスプレイに視野角制御技術を用いるという点から、裸眼で立体画像を見るディスプレイと、平面ディスプレイの視野角を制御することにより表示される画像を複数に分離して見せるディスプレイとの 2 種類に分類した。

（1）技術の現状

据置型ディスプレイは、あるものをあるがままに再現して表示することを目指し、精細度やコントラストの向上あるいは大画面化に対する技術開発が行われてきた。特にテレビ用ディスプレイでは、臨場感に溢れた自然な画像で、それを見る人に感動を与えることの出来るような映像表現を目指して、表示技術開発が行われてきた。

臨場感という点においては立体画像表示が究極の臨場感を提供するものと考えられ、3D ディスプレイの研究開発が行われている。ただ現状では単眼 1 視点（ディスプレイの正面で 1 人の人が、一定の視距離を保って画像を見たときに立体像が見える）ディスプレイが製品化されている程度であり、立体画像 3D ディスプレイが一般に広く使われている状況ではない。単眼 1 視点とは、印刷物で目のピントをずらして見れば立体視できるというものと似ているディスプレイであり、立体像として視認できる最適視距離の位置取りなどに、慣れが必要である。

視野角制御ディスプレイは、立体画像 3D ディスプレイの開発における視野角制御技術か

ら派生した技術である。左右の 2 視点あるいは左右中央の 3 視点に、それぞれ異なる画像を映し出すディスプレイであり、カーナビゲーションシステム用に実用化されている。

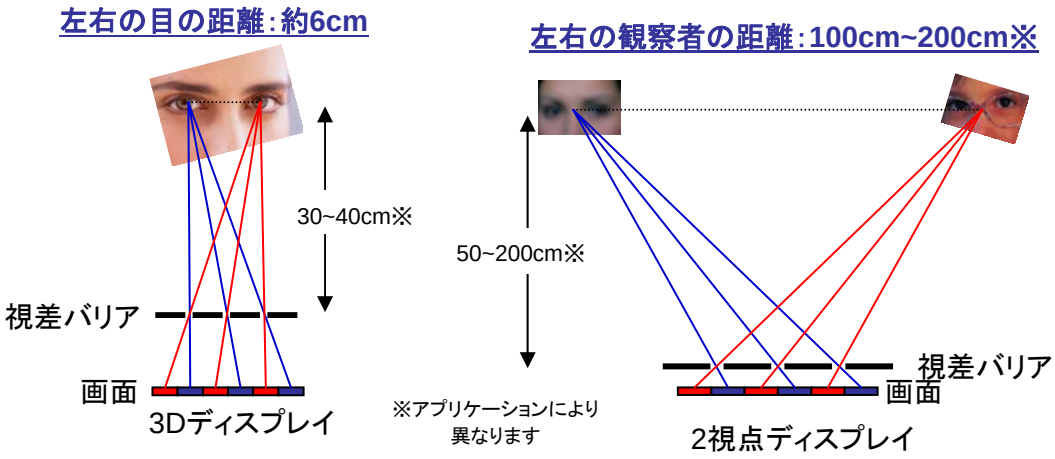


図 6-9　視野角制御ディスプレイの例

（2）今後の見通しと課題

NHK は 2015 年にスーパーハイビジョン(4k×8k) の実験放送開始を予定している。これに向けて各種据置型ディスプレイで、100 型超級の高精細ディスプレイが出揃い、放送で超臨場感が味わえるようになる。一方立体画像 3D ディスプレイの目指すところも超臨場感であるので、2015 年ごろに 100 型超級の高精細据置型ディスプレイと立体画像 3D ディスプレイが、臨場感という尺度で比較されることになる。すなわち、平面直視型ディスプレイに 3D 画像を再生する場合と、3 次元空間へ立体映像を投影再生する場合での明るさ、コントラスト感、応答特性などの優劣により、立体画像 3D ディスプレイの方式のスタンダードが決まると考えられている。

視野角制御ディスプレイは、上述のカーナビゲーションシステム用途以外のアプリケーション開発が、この技術の需要を左右する。AV 機器用途では、画像と共に音声も分離する必要があるので、指向性のスピーカーや、それぞれの画像用にスピーカーを分離配置することも求められ、単に視野角制御だけでなくシステムとして音声分離技術等の開発が求められていくことになる。

（3）キーテクノロジー

人間の視覚に関する生体メカニズムを整理し、任意視点映像技術、即ち視点数や視覚制御などに関する設計指針が必須である。多眼多視点ディスプレイにおいては、高精細ディスプレイ技術をベースにした視野覚制御技術開発がおこなわれ、この進歩と共に、同時に３D 画像を見ることが出来る人数（多眼多視点数）が増加していくと考えられる。

空間への立体映像投影型のディスプレイにおいては、固体レーザーなどの進歩と共に、比較的シンプルなシステムで立体映像を造り出すことが出来るようになってくる。このタイプのディスプレイの究極は、ホログラムディスプレイと考えられる。

また 3D ディスプレイの実現には、ディスプレイのみならず空間立体映像撮影システムや映像データ圧縮・伝送・解凍などの技術開発も同時に必要である。

6-5. プロジェクションディスプレイ

（１）技術の現状

プロジェクションディスプレイは大きく分けて、フラットパネルディスプレイのメイン市場と同じく、TV 市場向けのリアプロジェクションと、ビジネスプレゼンテーションやデジタルソースの映画を映すためのフロントプロジェクションがある。ここでは、フロントプロジェクションではあるが、シアターで用いられる業務用のデジタルプロジェクターについては取り上げない。

いずれの方式においても、画素によって構成され、光源からの光を変調するマイクロディスプレイ、光源そのもの、光源の光を分割し（通常 RGB）マイクロディスプレイへ照射し、透過もしくは反射した光を拡大して投影する光学系、映像を最終的に映し出すスクリーン、の 4 つがディスプレイ的見地からみた構成要素となり、かつ開発のメインターゲットとなる。

マイクロディスプレイの方式には現在 3 つの方式があり、一つは透過型液晶を用いる LCD 方式（RGB それぞれを一つのマイクロディスプレイで担うことから 3LCD とも呼ばれる）、シリコン上に構成された反射型液晶マイクロディスプレイの LCoS（Liquid Crystal on Silicon）、最後は画素ごとのミラーによって画像をコントロールする DLP（Digital Light Processing）である。

リアプロジェクション TV は日本国内では市場が小さく注目されていないが、米国では大きなマーケット（10%弱）を構成している。また、ビジネスシーンではプロジェクタを用いたプレゼンテーションは日常的になり、DVD の普及により家庭においても映画館と同様の雰囲気を楽しむホームシアターが注目されており、ディスプレイの一方式として今後も進展が期待される分野である。

リアプロジェクションにおいては、画面サイズが拡大してもシステムとしてのコストがあまり変わらないという利点があるため、特に大画面において他の FPD 方式に比べてコスト

メリットがある。

技術開発の方向は他の FPD 方式と同様、大型化、高輝度、高精細、低消費電力である。また、他の FPD 方式において高性能化とは、画素を構成する要素の比重が圧倒的に大きいが、プロジェクションでは同様に光源、光学系、スクリーンも大きな比重を占める。

（2）今後の見通しと課題

直視型の FPD の技術開発トレンドは、ディスプレイ自身を大きくすることに他ならないが、プロジェクションにおいては、より画素を小さくすることに注力されてきている。画素を小さくすることで高精細化を達成しながら、マイクロディスプレイのサイズ及び光学系を大きくせずに、大型化が低コストで達成できるためである。しかしながら画素をどこまでも小さくしていくことには限界がある。一方、画面が大きくなるほど高精細画像のインパクトが大きくなるため、フル HD からさらに 4k×2k、8k×4k などの技術は直視型 FPD に対する競争優位性を確保する上でも重要になる。画素サイズの限界はおよそ 5μm程度とされており、これより画素を小さくしてももはや拡大光学系が投影できなくなる。したがって、それ以上の高精細化は、いかにコストを上げずにデバイスを大型化するか、もしくは複数のデバイスを使って大画面を構成するようにするかになると考えられる。

もう一方の重要課題は光源と光学系である。主流の超高圧水銀ランプに、起動が遅い、寿命が短いなどの問題があり、それに代わる高輝度、長寿命、低消費電力のランプが待たれる。プロジェクションにおいての色再現は光源の色によって決まるため、RGB を個別の光源で実現できる LED、レーザーへと変更していくことで、コンパクト化、高輝度化、色域拡大の大幅な改善が期待できる。これにより、他の FPD 方式よりさらに優れた色再現を達成することも期待されている。

また、上記のような固体光源化への別の期待は、リアプロジェクションの薄型化に貢献すること、光源の変調により動画視認性を大幅に改善できる点、さらにプロジェクタ自身を非常に小型化できる可能性である。たとえば現在の携帯電話ぐらいに小型化できればプロジェクタを携帯して、ディスプレイがなくともある程度の大きさの画像を見ることが可能となる。

（3）キーテクノロジー

マイクロディスプレイにおいては、画素の更なる極小化、および効率を損なわない光学系が重要である。更に、上述したように高精細化においては、デバイスを大型化するか、もしくは多数のデバイスを用いてもコストを上昇させない工夫が必要になる。

光源の進歩においては、超高圧水銀ランプに代わる無電極ランプのような高速起動、超寿命ランプが注目されている。また固体光源化（LED、レーザー）には前項で述べたような大きな期待があるが、光源自身の高輝度化と低コスト化が課題である。また、特にレーザー

を用いる場合は安全対策も重要となる。

プロジェクタにおいては、最終的に視聴者の目に映るのはスクリーン上に形成される映像のため、スクリーンの技術も非常に重要となる。これについてはこれまで通り、光の当たらない場合はより黒く見え、映像が投影された場合には視野角の制限をなくすためより均一に散乱させる必要がある。そのためには回折構造、散乱構造（レンズや格子)、あるいはブラックマトリックスなどの微細な光学的パターンを大きな面積に低コストで形成する技術がキーとなる。